

Einflüsse visueller Informationsparameter auf eine Wetterbewertungsgröße

Jürgen Kleinschmidt

1977



Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41552327_0018

Aus dem Institut für Med. Balneologie und Klimatologie
der Ludwig-Maximilians-Universität München

Vorstand: Prof. Dr. med. H. Drexel

und

aus dem Institut für Arbeitsphysiologie und Rehabilita-
tionsforschung der Philipps-Universität Marburg / Lahn

Direktor: Prof. Dr. med. G. Hildebrandt

Einflüsse visueller Informationsparameter auf
eine Wetterbewertungsgröße

INAUGURAL-DISSERTATION

zur Erlangung des Doktorgrades der Humanbiologie
des Fachbereiches Humanmedizin
der Philipps-Universität Marburg

vorgelegt von
Jürgen Kleinschmidt
aus Bublitz / Pommern

Marburg 1977



Angenommen vom Fachbereich Humanmedizin
der Philipps-Universität Marburg am

22. 11. 77

Gedruckt mit Genehmigung des Fachbereiches

Dekan:	Prof. Dr. med. F. Neurath
Referent:	Prof. Dr. med. G. Hildebrandt
Korreferent:	Prof. Dr. med. H. Hensel

Herrn Prof. Dr. med. Heinrich Drexel
zum 60. Geburtstag gewidmet.

Inhaltliche Gliederung

1. <u>Einführung in die Problemstellung</u>	1
2. <u>Die visuelle Wetterbewertung</u>	7
2.1 Fragestellung	7
2.2 Material und Methodik	10
2.3 Ergebnisse	13
3. <u>Klimakammerversuch</u>	15
3.1 Fragestellung	15
3.2 Material und Methodik	15
3.3 Ergebnisse	21
4. <u>Vorversuche zur Beteiligung der Sehaufgaben bei der Wetterbewertung</u>	23
4.1 Fragestellung	23
4.2 Material und Methodik	24
4.2.1 Testdiapositive	24
4.2.2 Testbilddarbietung	31
4.3 Ergebnisse	33
5. <u>Variation visueller Informations-Parameter bei der Testbilddarbietung</u>	37
5.1 Fragestellung	37
5.2 Material und Methodik	39
5.2.1 Photographisches Verfahren	39
5.2.2 EDV-Programme	41
5.3 Ergebnisse	41
5.3.1 Intra- und interindividuelle Schwankungen	42
5.3.2 Spektrale Leuchtdichtevertelung, Detailstruktur, Lichtintensität	44
5.3.3 Modelle, Sehwinkel, Darbietungsreihenfolge	48

5.3.4 Schattigkeit, Untergrund- und Gegenstands- leuchtdichte	50
5.4 Wertung	54
6. <u>Sektorielle Strahlungsstärkeverteilung</u>	58
6.1 Fragestellung	58
6.2 Durchführung	58
6.3 Ergebnisse	62
7. <u>Diskussion</u>	64
7.1 Methodendiskussion	64
7.2 Die Gewichtigkeit der Sehaufgaben bei der visuellen Wetterbewertung	70
7.3 Einordnung der Untersuchungen in die bioklima- tische Forschung	73
7.4 Die visuelle Wetterbewertung als Reizreaktion des Organismus	77
<u>Zusammenfassung</u>	85
Literaturverzeichnis	87

1. Einführung in die Problemstellung

Grundlage für die Schaffung optimaler Umgebungsverhältnisse für den Menschen in Arbeits- und Wohnräumen ist die Kenntnis des Wirkungsmechanismus der Umwelt auf den Menschen. Ein wesentlicher Teil der Umwelt ist das Wetter; die dem Wetter zugeschriebene Wirkung auf den Menschen ist als Phänomen der Wetterfühligkeit schon seit langem bekannt. Zu ihrer Erforschung wurden zahlreiche Korrelationsuntersuchungen zwischen Einzelparametern oder Kombinationsgrößen einerseits für den Komplex "Wetter" und andererseits für den Komplex "menschlicher Organismus" durchgeführt. Diese Forschungsmethode der Bioklimatologie läßt sich in Abb. 1 darstellen.

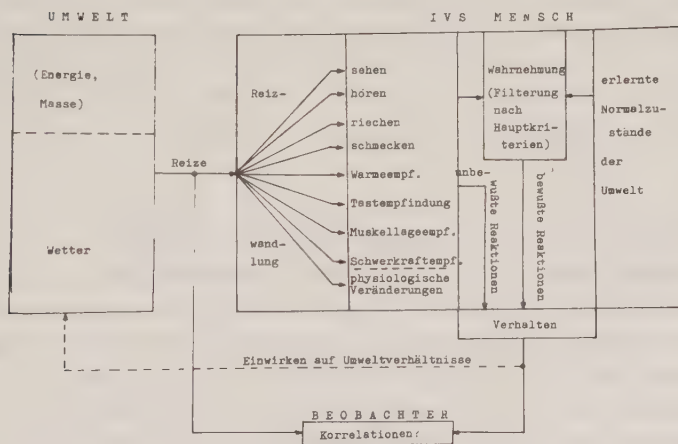


Abb. 1: Zur biometeorologischen Untersuchungsproblematik

Aus einer Fülle von physikalischen Tatbeständen entnimmt der Mensch Informationen aus seiner Umwelt. Unter Informationen versteht man nach STEINBUCH (1) Klassenkennzeichen äquivalenter Signale, welche die Empfänger als informationsverarbeitendes System (IVS) zu einem bestimmten Verhalten veranlassen. Mit dem Begriff "Verhalten" im Sinne des besser zutreffenden anglo-amerikanischen Ausdruckes "behavior" soll nach DREVER die Gesamtheit aller feststellbaren Aktivitäten des lebenden Organismus, aufgefaßt als Reaktion auf bestimmte Reize oder Reizkonstellationen, bezeichnet werden. Dabei wirken die letztlich auf die Erscheinungsformen von Masse und Energie zurückzuführenden Reize der Umwelt und speziell die mit "Wetter" zusammengefaßte Reizkonstellation (a) über actio-spezifische Rezeptoren, die als Reizwandler den aktiven und als Stellorgane einer Regelstrecke den passiven Bausteinen der Elektronik vergleichbar sind, auf den Menschen ein und bestimmen - zusammen mit innerhalb des Organismus ablaufenden Prozessen - im Sinne der anfangs angeführten Definition sein Verhalten (b). Ein Beobachter (c) registriert sowohl die Reize als auch die Reaktionen und versucht, zwischen "input" und "output" Korrelationen aufzufinden.

Zu a):

Die Problematik besteht darin, geeignete Parameter für die input-Seite "Wetter" zu finden. Nach HANN-SÖRING versteht man unter "Wetter" den Zustand der Lufthülle über einem begrenzten Gebiet der Erdoberfläche während eines Augenblicks oder das Charakteristische in aufeinanderfolgenden Zuständen dieser Art während eines kurzen Zeitraumes bis zur Dauer von höchstens einem Tag. Die wichtigsten der diesen Zustand bestimmenden Wetterelemente sind (FRANKE): Luftdruck, Lufttemperatur in Bodennähe, relative Feuchtigkeit, Windstärke und -richtung in Bodennähe, Art der Bewölkung, Höhe der Wolkenun-

tergrenze, Bedeckungsgrad des Himmels und allgemeiner Witterungscharakter.

In der Biometeorologie und - bei Erweiterung des Wetterbegriffes durch Ausdehnung des Beobachtungszeitraumes zum Klima einer Gegend, das die durchschnittlichen Wetterbedingungen repräsentiert (TROMP) - in der Bioklimatologie interessieren demgegenüber allein solche Größen, die den Menschen zu Reaktionen veranlassen können. Jede derartige bewußte als auch unbewußte Reaktion des Menschen auf unterschiedliche Wettererscheinungen erfordert per definitionem die Wahrnehmung einer Aktion. Hierfür kommen außer dem über die klassischen Sinnesorgane bemerkbaren Reizen, die zur ursprünglichen Einteilung der "Sinnesphysik" (SCHÖBER) (1) in Optik, Akustik, Mechanik und Wärmelehre geführt haben, noch die in Abb. 1 mit "physiologische Reaktionen" bezeichneten Reizwirkungen hinzu, die keine bewußten Sinneswahrnehmungen auslösen wie z.B. die nachgewiesenen Wirkungen elektrostatischer (MIDANA et. al.), magnetischer (KRAUS) und elektromagnetischer (HENSCHKE, RANSCHT-FROEMSDORFF) Felder.

Von den "input-Kanälen" ist der Gesichtssinn für die Umweltreize derjenige Kanal, über den der Mensch die meiste - zumindest syntaktische - Information aufnimmt. So erhält SCHÖBER (2) aus der Zahl der Sehnervenfasern bzw. der ihnen entsprechenden Rasterelemente der Netzhaut und der Flimmerverschmelzungsfrequenz maximal $40 \cdot 10^6$ bit/sec, während die gleichartige Berechnung für das bekannt frequenzempfindliche Gehör nur den 250-ten Teil ergibt. ANSCHÜTZ (1) berechnet die vom Auge überhaupt gleichzeitig unterscheidbaren Zeichen mit $10^2 \cdot 000 \cdot 000$ und erhält damit ebenfalls eine weit größere Zahl gegenüber den durch das Gehör trennbaren Zeichen, die HOFSTÄTTER (1) mit ca. 340 000 angibt. Letztere Abschätzungen beruhen auf der Annahme der im gesamten Empfindungsbereich bestehenden Gültigkeit des WEBER'schen Gesetzes:

$$\frac{dS}{S} = \text{const} \quad (S = \text{physikalischer Reiz, } dS = \text{Unterschiedsschwelle})$$

und beinhalten insofern Idealisierungsfehler. Aus diesen läßt sich der beträchtliche Empfindlichkeitsunterschied jedoch nicht erklären, so daß - auch verglichen mit dem Auflösungsvermögen anderer Rezeptionsorgane für physikalische Reizmuster (ANSCHÖTZ (2)) - der Gesichtssinn sicher zu recht als der "wichtigste Sinn des Menschen" (SCHÖBER (3)) bezeichnet werden kann. Erstaunlich ist dabei, daß in der umfangreichen biometeorologischen Literatur noch keine Arbeiten über die Wirkungen wetterbedingter Lichtverhältnisse auf den Menschen durchgeführt wurden.

Zu b):

Auch das Auffinden geeigneter output-Größen ist problematisch. Zwar ist die Reaktionsfähigkeit des menschlichen Organismus auf Wetterreize als Phänomen der Wetterfühligkeit schon im Altertum beschrieben worden: So beginnt HIPPOKRATES die Beschreibung von Krankheiten in seinen Büchern über die epidemischen Krankheiten mit der Darstellung der jeweiligen Witterungsverhältnisse, und HUMBOLDT definierte gerade aus der Bezugnahme auf Reaktionen des Organismus den Klimabegriff als den Teil geophysikalischer Faktoren in der Umgebung des Menschen, durch den dessen Organe "merklich affiziert" werden. CURRY zählt eine Fülle von Wetterzeichen auf, die eine solche Abhängigkeit des Menschen vom Wetterwandel belegen. Im einzelnen fand z.B. REITER (1) eine signifikante Verlängerung der Reaktionszeit bei Langwellenstörungen im Frequenzbereich 4 - 50 kHz, KRAUTSCHIK konnte schwache Korrelationen zwischen steigendem Luftdruck und sinkendem Blutdruck ermitteln, KÖHNAU fand bei Temperatursturz Eosinophilie und Leukozytose im Blutbild, KOTTER stellt einen Zusammenhang fest zwischen der Abnahme der relativen Luftfeuchtigkeit und dem Anstieg der Geruchsempfindungsschwelle usw.

Bei einem weitergehenden Nachforschen erreicht man jedoch schnell die Grenze, bei der sich tiefergehende Eingriffe in den menschlichen Organismus verbieten. Lediglich durch mehr oder weniger triviale Verhaltensbeobachtungen wie z.B. subjektive Äußerungen kann unter Umständen die Untersuchungsgrenze noch etwas hinausgeschoben werden unter der Berücksichtigung dessen, daß sehr häufig physiologische Funktionen psychische Valenzen haben (WEIZSÄCKER).

Zu c):

Dem Vorteil praxisnaher Forschung steht eine prinzipielle Schwierigkeit für den Untersucher gegenüber: Ergebnisse aus Korrelationsuntersuchungen zwischen Änderungen von Parametern des Wetters und solchen für den Organismus ergaben zwar den gewünschten direkten Bezug zur Frage der Wetterfühligkeit, aber wie das vielzitierte Beispiel von BAUR der signifikanten Korrelation zwischen der jährlichen Geburtenziffer und der Anzahl der besetzten Storchennester in Bremen zeigt, sagen Korrelationen *a l l e i n* über die Art der kausalen Verknüpfungen noch nichts aus.

Unter der Annahme, daß dem primären Agens doch wohl die stärksten Korrelationsgrade zukommen, erhält man aus sinnvollen Korrelationsuntersuchungen jedoch Anhaltspunkte für die nächste Stufe, die gesteuerten Modellversuche mit künstlichen Wetterbedingungen. Hierzu wurden bei verschiedenen Forschungsinstitutionen Klima-Kammern eingerichtet. Für die damit verbundene Frage, mit welchen Einflüssen durch die Innenraumbeleuchtung zu rechnen ist, lassen sich in biometeorologischer Hinsicht aus der Fülle der Veröffentlichungen jedoch keine Angaben finden.

Das Ziel dieser Arbeit bestand deshalb darin, die wetterbedingten Umweltlichtverhältnisse in ihrer Bewertung durch den Menschen zu untersuchen:

In welchem Umfange sind beim Menschen Parameter der visuellen Wahrnehmung bei der Verarbeitung von Wetterinformationen beteiligt? Ergeben sich daraus Hinweise für die lichttechnische Gestaltung von Klimaräumen?

2. Die visuelle Wetterbewertung

2.1 Fragestellung

Entsprechend der in der Einführung erwähnten Problemstellung soll hier von vornherein eine Beschränkung auf den visuellen Kanal der Informationsverarbeitung erfolgen. Dabei entwirft uns das Sehorgan, bestehend aus Auge, Nervenleitungen und zugehörigen Gehirnteilen ein Bild, das sich aus Leuchtdichten von verschiedener Form, Stärke und Zeitdauer zusammensetzt. Die Auswertung geschieht dann nach SCHOBER (2) nach 4 einfachen und 4 zusammengesetzten Grundaufgaben:

1. Helligkeitsempfindung
2. Farbempfindung
3. Raumempfindung
4. Bewegungswahrnehmung
5. Wahrnehmung von Leuchtdichteunterschieden
6. Farbvergleich
7. Trennschärfe von Lichtempfindungen
8. Formenwahrnehmung

Ähnlich wie die letzteren sogenannten sekundären Sehqualitäten erst im Laufe der Zeit erworben, d.h. die gespeicherten jeweiligen Vergleichsmodelle (Abb. 1) verfeinert werden, so hängt auch die Bewertung des Wetters durch den Menschen als IVS von einem solchen von klein auf erlernten Umweltmodell ab.

Im Modell der Abb. 2, in der nach STEINBUCH (2) ein technisches Funktionsprinzip zur Formenunterscheidung dargestellt ist, kann man das Muster mit der wahrnehmbaren visuellen Information vergleichen, für die der Mensch auf Grund jahrelanger Erfahrung eine den Formkriterien vergleichbare Bewertung vornehmen kann, indem er die "Ist"-Information mit der "Soll"-Information (ähnlichstes Muster) vergleicht.

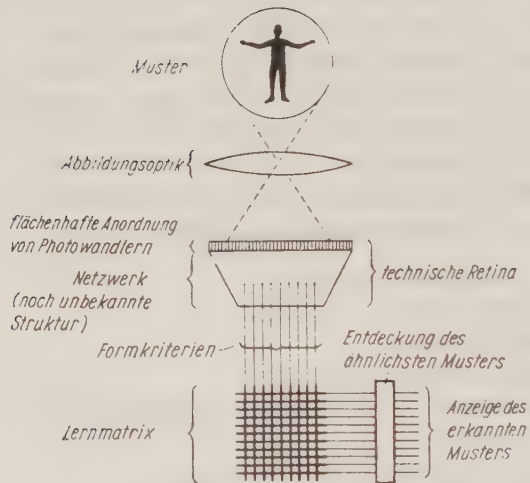


Abb. 2: Schema eines Perzeptors (nach STEINBUCH (2))

Die Bewertung ist dann ein Klassifikationsvorgang, bei dem eine Menge unterschiedlicher Signalkombinationen derselben Bedeutungsklasse zugeordnet werden kann.

Das Problem, Beziehungen zwischen objektiven Reizintensitäten und -qualitäten einerseits und den Empfindungen bzw. Urteilen über Empfindungen des Menschen andererseits zu erforschen, wird mit dem Schwerpunkt auf der Seite der Empfindungen in der Psychophysik behandelt. Eine Übersicht über klassische Skalierungsmethoden wird von GUILFORD gegeben, eine neuere

Methodenerörterung unter Berücksichtigung der mit Hilfe von EDV-Anlagen durchführbaren statistischen Verfahren stammt von SIXTL.

Für das hier vorliegende Problem, die Empfindung des "Wetterreizes" zu spezifizieren, läßt sich die sehr gut bewährte Methode des Paarvergleiches nicht anwenden, da keine Alternativwetterlagen im direkten Vergleich vorgegeben werden können. Wenn man jedoch ohnehin auf gedächtnismäßig gespeicherte Vergleichsmodelle angewiesen ist, liegt kein Grund vor, weshalb nicht von komparativen Empfindungsurteilen direkt zu absoluten Empfindungsurteilen übergegangen werden sollte. Nach MEYER-EPPLER bedingen diese gegenüber den am meisten differenzierten komparativen Urteilen der 4. Stufe ohnehin keine exogene Bezugsvalenz, sondern können angeboren oder angelernt sein. Als Beispiel für eine derartige Verankerung der Urteile (anchoring of judgement) führt SIXTL an, daß Mitteleuropäer sich unter einem "kleinen Menschen" unabhängig von einem wahrgenommenen "Vergleichsobjekt" eine Körpergröße von 1.60 m vorstellen.

Für eine derartige absolute Skala müssen folgende Voraussetzungen vorliegen:

1. Der Mensch muß mit vielen Vergleichsobjekten in Berührung gekommen sein.
2. Die Fragestellung des Vergleiches muß geläufig sein.
3. Für die Urteilsabgabe soll ein unverwechselbares Zeichenreservoir zur Verfügung stehen.
4. Das Zeichenreservoir soll dem Untersucher eine quantitative Rangierung ermöglichen.

Zu Punkt 1. und 2. wurde schon in der Einleitung auf die große Bedeutung hingewiesen, die das Wetter für den Menschen hat. Während in der deskriptiven Meteorologie Wertungen keinen Platz haben, sind aus der Wettervorhersage der angewandten Meteorologie die Begriffe der Wetter b e s s e -

rung bzw. -verschlechterung durchaus gebräuchlich. Noch nicht bekannt ist jedoch eine Skalierung für die Wetterbewertung in der Art der Intervallskalen, mit denen in der Praxis die Windstärke nach BEAUFORT zwischen 0 und 12 oder der Seegang zwischen 0 und 9 gekennzeichnet wird. Weitere Beispiele sind das Klassifizieren des Schwierigkeitsgrades bei Bergtouren - nach WEIZENBACH zwischen 1 und 6 - oder die in Deutschland nahezu jedem von der Schulzeit her geläufige Zensurenkala. Solche Skalierungen erfüllen auch die Bedingungen 3 und 4. Hierbei wurden die jeweils durchgeführten subjektiven Vergleiche mit im Gedächtnis des Menschen gespeicherten qualitativen Kriterien erst *n a c h h e r* und noch längst nicht vollständig durch objektive Definitionsangaben ersetzt.

Für die Wetterbewertung wurde eine analoge Skalierung gesucht, die den Vorteil einer praktisch ohne apparativen Aufwand und daher schnell durchzuführenden Zahlenangabe in sich birgt.

2.2 Material und Methodik

Eine zunächst als Hilfestellung gedachte Zuordnung von qualitativen Beschreibungen zu verschiedenen Skalenabschnitten mit Begriffen, die aus den täglichen Wetterberichten bekannt sind (freundlich, wechselhaft, ...), führte bei einzelnen VP teilweise bereits beim Anblick des Formulars zu Einwänden, teilweise wurden die qualitativen Angaben mehr berücksichtigt als das eigentlich interessierende Zahlenintervall. Um aus der Fragestellung heraus die subjektive Beeinflussung möglichst gering zu halten, wurde daher im weiteren lediglich jeweils das Extremum mit den Worten "weitere Verschlechterung" bzw. "Verbesserung ist nicht mehr denkbar" und der Mittelwert durch die sinngemäße Kennzeichnung "Übergewicht weder zur

einen noch zur anderen Seite" beschrieben. Die Wahl der Attribute "schlecht", "freundlich", "besser" und "ausgezeichnet" stellen dabei einen Kompromiß dar im Bestreben, die nach GUILFORD mit Persönlichkeitsmerkmalen zusammenhängende Ausnutzung des Bewertungsspielraumes möglichst einheitlich zu verankern und dabei die sprachlichen Gegensätze "schlecht - gut" mit den Wetterberichtssynonymen wie "Schönwetterperiode" - "Schlechtwetterperiode" zu kombinieren.

Weiter erwiesen sich vordergründig große Intervalle wie eine der Prozentskala vergleichbare Skalenbreite von 0 - 100 als offenbar zu weitläufig; insbesondere die VP, die weniger den Umgang mit den Skalen von Meßinstrumenten o.ä. gewohnt waren, bevorzugten die Nähe der Skalenmarkierungen unter Auslassung von möglichen Zwischenwerten. Schließlich zeigte sich auch die Angabe der früher üblichen Notenskala von 1 - 5 der heute gebräuchlichen von 1 - 6 überlegen, offenbar wegen der ungeraden Einteilung mit ganzzahligem Mittelwert 3. Daher wurde schließlich der Bewertungsbogen der Abb. 3 verwendet.

Als Versuchspersonen (VP) standen bis zu 26 Angehörige und Doktoranden des Instituts im Alter zwischen 23 und 65 Jahren zur Verfügung. Diese waren, wie die meisten Berufstätigen, im allgemeinen nur während der Übergänge von Wohnung zu Fahrzeug, von Fahrzeug zur Arbeitsstätte, kurzzeitiger Besorgungsgänge an "frischer Luft" und in gleicher Weise auf dem Heimweg für insgesamt ca. nur 1 - 2 Stunden pro Tag der Einwirkung der den komplexen Begriff "Wetter" bestimmenden Größe ausgesetzt. Durch Wohn- und Kleidungsbedingungen verlieren dabei mehr oder weniger Änderungen der meteorologischen Parameter (Temperatur, Windverhältnisse, Feuchtigkeit ...) an Einfluß. Die Verbindung zur Außenwelt erfolgt dann wie anfangs erwähnt im wesentlichen durch visuelle Information.

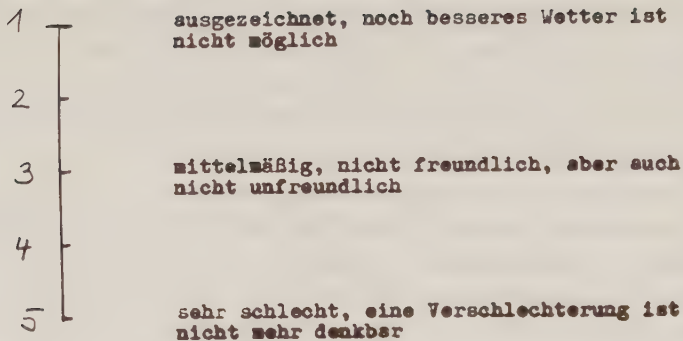


Abb. 3: Fragestellung zur visuellen Wetterbewertung

"Zur Erfassung der subjektiven Wetterbewertung kreuzen Sie bitte in der aufgezeichneten Skala, die etwa einer Temperaturskala vergleichbar ist, Ihren Wettereindruck an. Als Anhaltspunkte in dieser Skala sind u.a. die Extrembewertungen aufgeführt. Auch Zwischenwerte sind möglich."

Die VP wurden um die Mittagszeit, d.h. einige Stunden nach ihrem letzten direkten Kontakt mit der äußeren Wetersituation vom morgendlichen Arbeitsweg, befragt, wie sie das gerade herrschende Wetter bewerteten. Dabei wurde darauf geachtet, daß in den Räumen (normalerweise der übliche Arbeitsplatz) keine Fenster oder Türen offenstanden, um die zusätzliche Verarbeitung der Information nicht-visueller Größen wie Windgeräusche oder Außentemperatur möglichst auszuschließen.

2.3 Ergebnisse

Als Kriterien für die i n t e r individuellen Bewertungsunterschiede wurden an verschiedenen Tagen $\overline{WW}_t$ berechnet aus den WW-Angaben von n_t VP und außer:

$$s_t = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n_t} (\overline{WW}_t - WW_{ti})^2}{n_t - 1}} \quad ; \text{ Symbol in Abb. 4: } o$$

auch: $\overline{WW}_t - \max(WW_{ti}) = : \Delta WW_t$; Symbol in Abb. 4: x

$$\text{gegen: } \overline{WW}_t = \frac{\sum_{i=1}^{n_t} WW_{ti}}{n_t}$$

aufgetragen ($1 \leq i \leq n_t$; $6 \leq n_t \leq 26$; $1 \leq t \leq 18$)

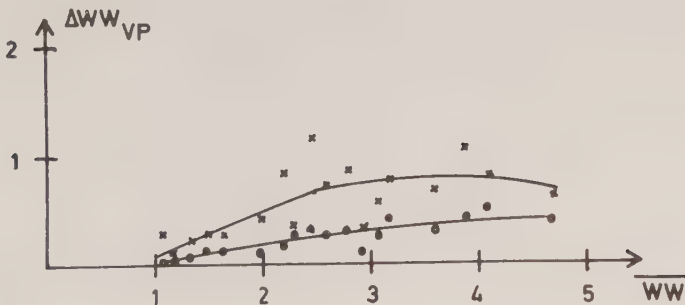


Abb. 4: Maximale (x) und mittlere (o) interindividuelle Abweichungen von 6 - 26 VP

Abb. 4 zeigt die sich für verschiedene Tage ergebenden maximalen und mittleren quadratischen Abweichungen des angekreuzten WW vom jeweiligen Mittelwert. Man sieht eine erstaunlich geringe mittlere interindividuelle Abweichung gerade in der Nähe des Optimalwertes 1. Die ebenfalls geringen maximalen Abweichungen zeigen, daß *n i c h t* allein rein mathematische Gründe für kleine Abweichungen in der Nähe von Extremwerten verantwortlich sind: auch bei seltenen großen Einzelabweichungen hätten sich etwa gleiche Mittelwerte des WW ergeben. Außerdem zeigt sich am anderen Extrempunkt, daß die Meinungen über "nicht mehr verschlechterbares" Wetter stärker differieren.

Zur Ermittlung der *i n t r a* individuellen Zuverlässigkeit der Angaben wurden die VP unvermutet nach größeren Zeitabständen nach dem früher angegebenen Wetterwert gefragt. Erst nach ca. 3 Tagen findet man Abweichungen von mehr als 0.5 WW-Einheiten. Natürlich läßt sich diese Erinnerung an frühere Bewertungen nicht vom Gedächtnis für rein äußerliche Merkmale beim Ankreuzungsvorgang trennen, zumindest läßt sich aber ableiten, daß der WW nicht oberflächlich, im Extremfall rein zufällig, angegeben wurde.

Der auf diese Weise ermittelte WW erwies sich damit für die im weiteren durchgeführten Untersuchungen als ausreichend brauchbar zur Kennzeichnung der subjektiven Angaben.

3. Klimakammerversuch

3.1 Fragestellung

Es ist nicht überraschend, daß negative Bewertungen fast immer an den Tagen getroffen werden, an denen die Globalstrahlung praktisch ausschließlich aus der Himmelsstrahlung bestand, während an Tagen mit positiver Bewertung die direkte Sonnenstrahlung einen deutlichen Anteil der Globalstrahlung ausmachte. Da jedoch gleichzeitig von den Versuchspersonen auch die Indizien für Windstärke, Niederschlag etc. ausgewertet werden konnten (Einzelheiten in Abschnitt 4), steht nicht von vornherein fest, welche Information primär die Bewertung beeinflußt und welche Parameter lediglich quasi als Kovariablen fungieren. Bei der Wettersimulation im Bioklimaraum läßt sich zudem beispielsweise weder ein Gewitter als Extrem auf der einen Seite noch ein sogenannter strahlender Sonnentag als Extrem auf der anderen Seite der Bewertungsskala in allen Einzelheiten nachvollziehen. Jeder Modellversuch beinhaltet daher von vornherein ein Abstrahieren und damit eine Beschränkung auf wenige Wetterparameter in der Hoffnung, "in der Erfahrung gegebene Tatbestände als Wirkungszusammenhang von einfacheren Tatbeständen nachzuweisen" (HELLPACH).

Der folgende Versuch sollte daher zunächst abklären, in welchem Umfang die visuelle Wetterbewertung des Menschen beeinflußt werden kann, wenn von den in 2.1 aufgezählten 8 Grundaufgaben unseres Gesichtssinnes im wesentlichen allein die Helligkeitsempfindung gefordert wird.

3.2 Material und Methodik

Im Bioklimaraum des Institutes für Med. Balneologie und Klimatologie wird die Innenraumbelichtung durch eine Anlage aus 3 OSRAM-Xenon-Hochdrucklampen XQO 6000 W mit einer steuerba-

ren Beleuchtungsstärke erzeugt. Die Langbogenlampen sind dabei mit ihren Reflektoren außerhalb des normalen Blickfeldes im oberen Teil der Fensternischen angebracht und strahlen auf eine Perlleinwand, die einen relativ stark gerichteten Anteil in den Versuchsraum reflektiert. Dadurch kann ein Eindruck natürlicher Beleuchtung durch Oberlichter erzeugt werden; fast alle Besucher dieses Raumes merken erst nach einigen Minuten, daß hier keine natürliche Beleuchtung vorliegt. Abb. 5 zeigt einen Ausschnitt des Raumes, dessen Grundrißskizze in Abb. 6 wiedergegeben ist.



Abb. 5: Innenansicht des künstlich beleuchteten Bioklimarraumes am Institut für Med. Balneologie und Klimatologie

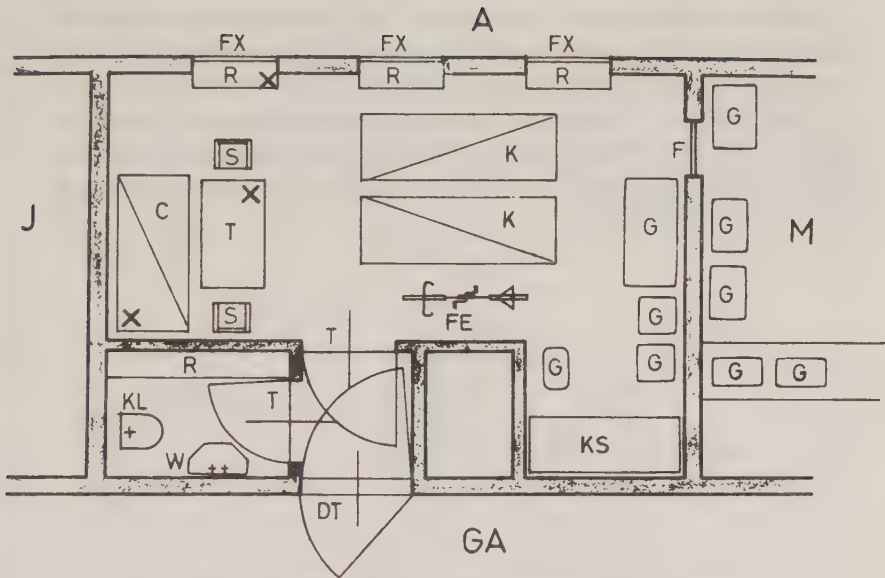


Abb. 6: Grundrißskizze des Bioklimaraums (nicht maßstabsgetreu)

Zeichenerklärung:

- | | |
|---|------------------------|
| A = Außenwand | I = Institutsraum |
| C = Couch | K = Klappliegen |
| DT = Doppeltür | KL = Klosettschüssel |
| F = Fenster zum Meßraum
mit Kabelschleuse | KS = Kleiderschrank |
| FE = Fahrrad-Ergometer | M = Meßraum |
| FX = Fensterattrappen mit
Xenondampflampen | R = Regale mit Geräten |
| G = Geräte | S = Stuhl |
| GA = Gang | T = Tür |
| | W = Waschbecken |

An den mit (x) bezeichneten Stellen im Grundriß der Abb. 6 wurde mit einem Lux-Meter die horizontale Beleuchtungsstärke in verschiedenen Raumregionen gemessen. Man erkennt in Abb. 7 den praktisch linearen Zusammenhang zwischen den Regelstellungen der Beleuchtungsanlage und der Beleuchtungsstärke E ; die Abweichungen von den durchgezogenen Geraden sind deutlich kleiner als die Schwankungen, die durch leichte Änderung des Meßortes innerhalb einer Kreisfläche mit 20 cm Durchmesser hervorgerufen werden.

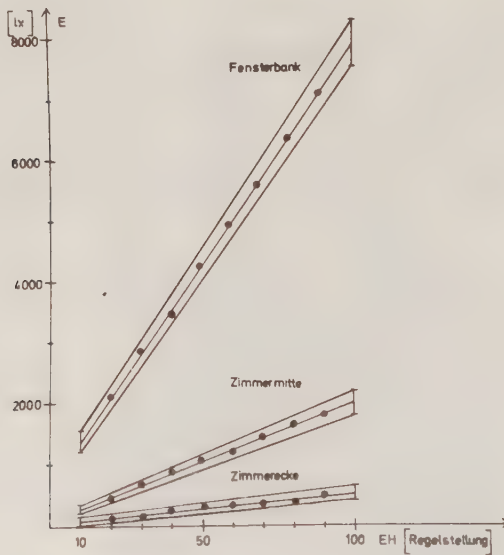


Abb. 7: Die durch verschiedene Regelstellungen gesteuerte horizontale Beleuchtungsstärke in verschiedenen Raumregionen.

Mit dem Doppelmonochromator DU Modell G 2400 der Fa. BECKMAN, das zur kontinuierlichen Registrierung umgebaut wurde, konnte das Spektrum der Beleuchtungsanlage gemessen werden. Nach Abb. 8 wird durch die Helligkeits-Steuerung die Strahldichte-verteilung nicht merklich verändert. Zur Vollständigkeit ist in Abb. 9 noch die energetische - und damit die von der Empfindlichkeitskurve des SEV 1 P 28 S der Firma RCA unabhängige - Spektraldichteverteilung nach Messungen der Firma OS-RAM wiedergegeben.

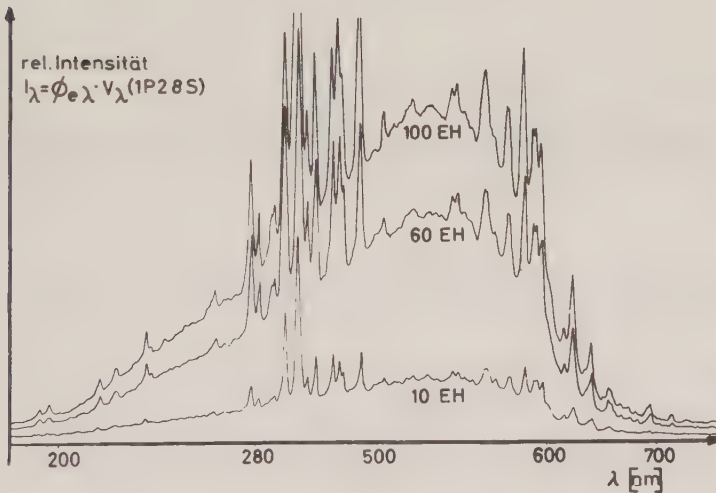


Abb. 8: Die Leistungsregelung der Beleuchtungsanlage verändert nicht die relative Strahldichteverteilung

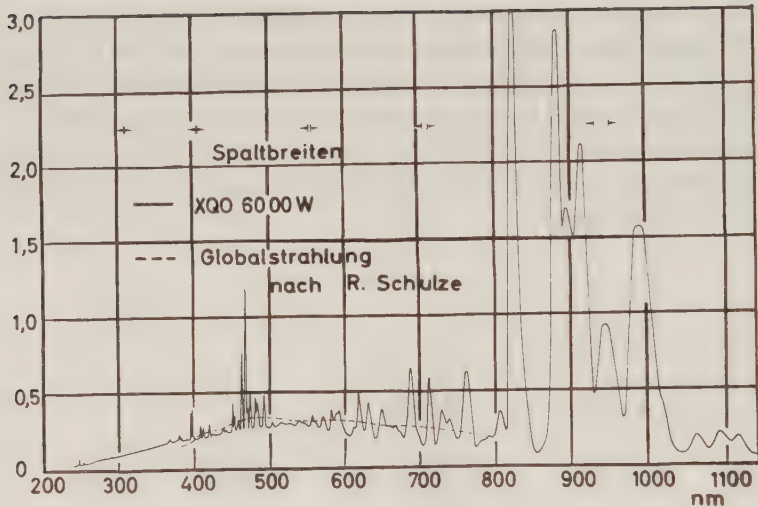


Abb. 9: Die energetische Strahldichteverteilung der XQO 6000 nach OSRAM

Im Rahmen einer bioklimatischen Versuchsreihe, bei der sich 3 VP 4 Wochen lang ohne Sichtkontakt zur Außenwelt bei standardisiertem Tagesablauf in den klimatischen Versuchsräumen aufhielten, sollten primär die Reaktionen der Probanden auf Temperatur- und Feuchteänderungen in psychophysischen und physiologischen Tests untersucht werden. Dabei wurden die Beleuchtungsbedingungen konstant gehalten. Der Bioklimaraum wurde zur Einnahme von Mahlzeiten jeden Tag eine Stunde lang vor und nach Beendigung der Testprogramme morgens um 7.30 Uhr und abends um 18.30 Uhr verlassen. Die VP hielten sich dann in einem getrennten, ebenfalls zur Versuchseinheit zählenden Klimaraum mit Leuchtstofflampenbeleuchtung auf. Während die-

ser Zeit wurde unbemerkt die Gesamtbeleuchtungsstärke im Bioklimaraum in einer Zufallsreihenfolge über 10 Stufen variiert. Nach Wiedereintritt erhielten die VP die folgende Frage:

"Mit verschiedenen Einstellungen der Lichtanlage sollen unterschiedliche Wetterlagen simuliert werden. Für die Beurteilung des Außenwetters hatten Sie einen Wetterwert zwischen 1.0 und 5.0 angegeben. Bitte geben Sie analog an, welcher Wettereindruck bei Ihnen durch die jeweilige Beleuchtung hervorgerufen wird."

3.3 Ergebnisse

In Abb. 10 sind die resultierenden Bewertungen durch 3 VP wiedergegeben. Zur Beschreibung der interindividuellen Schwankungen sind jeweils die Extrembewertungen als Bereich eingetragen, wobei zur Verdeutlichung die Morgen- und Abendwerte versetzt sind.

Man erkennt, daß im negativen Bewertungsintervall mit steigender Beleuchtungsstärke eine Verbesserung der Bewertung erzielt wurde. Im positiven Abschnitt der Bewertungsskala werden hingegen Bewertungsoptima erreicht, die vor allem morgens deutlich unterhalb der möglichen Maximalbewertungen 1.0 liegen: demnach sind für eine positive Bewertung morgens die Anforderungen an die Beleuchtungsstärke offenbar höher als abends.

Das Auftreten des Grenzbereiches für positive Bewertungen läßt sich daher auch nicht mit dem Auswirken der logarithmischen Abhängigkeit der Hellempfindung vom Reiz erklären. Es spielen offenbar tagesrhythmische Schwankungen eine Rolle, die bei den weiteren Schritten der Differenzierung nach der Bedeutung der übrigen Sehaufgaben bei der visuellen Wetterbewertung berücksichtigt werden müssen. Als Teilergebnis kann

festgestellt werden, daß im Bioklimaraum bereits bei alleiniger Steuerung der Gesamthelligkeit die subjektiven Bewertungen beeinflußt werden im WW-Bereich zwischen etwa 4.5 und 2.0. Weitere Verbesserungen bedingen offenbar zusätzliche lichttechnische Anordnungen.

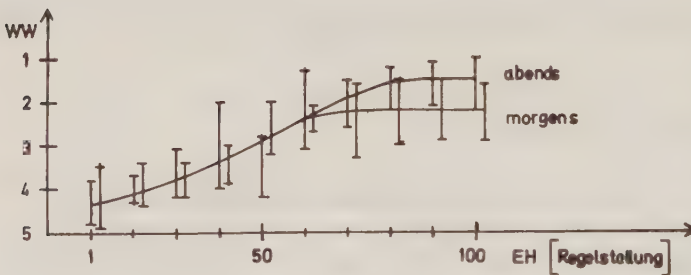


Abb. 10: Zusammenhang zwischen den subjektiven Wertungen von 3 VP und der Beleuchtungsstärkeregulierung. Die Kurven approximieren den Mittelwertverlauf innerhalb der eingezeichneten absoluten Schwankungsbreiten

4. Vorversuche zur Untersuchung der Beteiligung der Sehaufgaben bei der Wetterbewertung

4.1 Fragestellung

Die Bewertung des Wetters durch den Menschen setzt diesbezügliche Wahrnehmungen voraus. Dabei ist entsprechend der Tatsache, daß die Wahrnehmung zusätzlich zu den physikalischen Bedingungen des Reizes und den physiologisch-physikalischen der Empfindung auch noch psychologische Bedingungen enthält (SCHOBER (2)), ihre gesetzmäßige Erforschung und Darstellung besonders schwierig.

Eine mögliche Richtlinie bietet die Übertragungstheorie mit dem sie umfassenden Schema der Informationstheorie:

Teilt man die auf den Menschen einwirkende Gesamtinformation I_{ges} über das Wetter auf in die Nutzinformation I_o , Fehl- bzw. Störinformation (einschließlich Rauschen) S und redundante Information R , so kann man ähnlich wie durch Einwirken auf die Modulationsübertragungsfunktion in der Optik (RÖHLER) oder in der elektrischen Nachrichtenübertragung (KÖPFMÜLLER) versuchen, schrittweise den syntaktischen Informationsgehalt I_{ges} zu verringern in dem Bestreben, S und R "abzufiltern" und nur noch I_o übrig zu behalten:

$$I_o = I_{\text{Ges}} - S - R$$

Konkret bedeutet dieses Vorgehen, daß in Testbildern die auf den Menschen einwirkenden Reize gezielt verringert werden und dabei von Schritt zu Schritt am resultierenden Verhalten des Menschen der Einfluß der jeweiligen Reizkomponente registriert wird. Diese Methode hat sich bei Untersuchungen zur optischen Informationsverarbeitung gut bewährt (KLEIN-SCHMIDT).

In analoger Weise soll hier ebenfalls der Spielraum ermittelt werden, in dem die wahrgenommene Signalkombination und damit

die Bedeutung der 8 Sehaufgaben bei der Bildung der Invarianten: "Wettersituation" variieren können, ohne daß die Bedeutungsklasse sich ändert:

Werden Versuchspersonen "Wettersituationen" dargeboten, in denen die zum Erfüllen der genannten Sehaufgaben notwendigen Parameter kontrolliert verändert werden, so wird bei geeigneter Fragestellung mit schrittweiser Begrenzung des zur Verfügung stehenden Wahrnehmungsraumes die resultierende Wetterbewertung mehr oder weniger beeinflußt. Das Ausmaß der Beeinflussung gibt dann Aufschlüsse über das relative Gewicht der einzelnen Sehaufgaben.

Natürlich muß man sich v o r einer Variation von Testdias vergewissern, ob sich überhaupt durch diese Methodik in ausreichendem Maße die bei der Wetterbewertung bewußt oder unbewußt verwertete visuelle Nutzinformation I_0 erfassen läßt. Infolgedessen wird zunächst diese Frage untersucht.

4.2 Material und Methodik

4.2.1 Testdiapositive

Wie das Beispiel der Abb. 11 zeigt, kann der Mensch auch dann noch Informationen aus Signalkombinationen erkennen, wenn die Signale beträchtlich variiert werden: Lautet die Fragestellung: Welche Bilder enthalten die Information "großer Mensch", so kann man bis auf das mit "verkleinert" bezeichnete Muster die 5 übrigen als gleichwertig ansehen trotz der Verschiebungen, Verdrehungen oder der anderen angegebenen Variationen. Für die geänderte Fragestellung: Welche Bilder enthalten die Information "Mensch mit ausgestreckten Armen", ist hingegen das verkleinerte Muster miteingeschlossen und bildet unter Ausnahme des mit "verformt" bezeichneten Musters zusammen mit den übrigen die gesuchte, gegenüber Verdrehungen, Verschiebungen oder Kontraständerungen invariante Information.

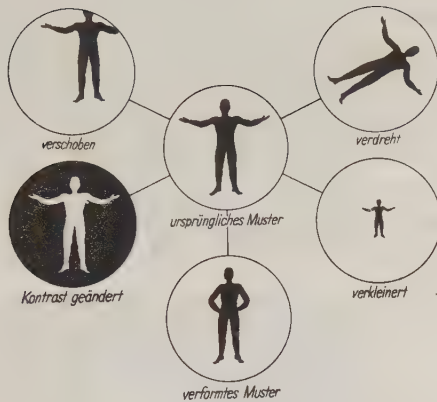


Abb. 11: Zum Problem der Invariantenbildung (n. STEINBUCH
(1))

Für die Wetterbewertung des Menschen ließ sich eine Invariante gegenüber Veränderungen des Wahrnehmungsraumes in der Erkennbarkeit direkter Sonnenstrahlung im Vergleich zur Himmelsstrahlung aus Bemerkungen der VP wie "gestern schien die Sonne, da war das Wetter besser" vermuten. Um photographisch die Schattigkeit erfassen zu können, genügen einfache schattenbildende Gegenstände als Umweltmodell statt der vielfältig strukturierten Umwelt. Zugleich kann dadurch die sich sonst mit Variation des Wahrnehmungsraumes ändernde Aufgabe der Formenwahrnehmung konstant gehalten werden.

Das Photographieren von Würfeln als regelmäßig geformte Körper entspricht diesen Überlegungen. Da die Flächenverhältnisse zwischen Würfel und Untergrund durch die Aufnahmebedingungen auch im Nachhinein variiert werden konnten, war eine sich aus der Praxis ergebende Kantenlänge der Würfel von 4 cm ausreichend.

Die Wahl von Untergrund- und Würfelfarben erfolgte nach folgenden Überlegungen:

Das Erkennen von Schatten hängt primär *n i c h t* von den unterschiedlichen Beleuchtungsstärken E verschiedener Vergleichsflächen ab, denn "das, was wir sehen, ist nicht der auf diese Fläche auffallende, sondern der von ihr reflektierte oder durchgelassene Lichtstrom" (SCHOBER 2). Die VP können nur die in das Auge gelangenden Anteile an der in den Raumwinkel $\times$ gerichteten spezifischen Lichtausstrahlungen

$$M_i = \frac{\Phi_i}{A_i}$$

verschiedener nichtselbstleuchtender Flächenelemente A_i in der entsprechenden Grundaufgabe simultan oder sukzessiv als Leuchtdichten vergleichen.

Durch den Reflexionsgrad der Flächen, den Abstand und die i.a. durch Glanzeigenschaften nicht das LAMBERTsche Cosinusetz befolgende Abhängigkeit vom Ausstrahlungswinkel werden die relevanten Lichtströme Φ_i bei gleichem einfallenden Lichtstrom unterschiedlich vermindert. Weiter ist die auf dem Film bewirkte Schwärzung wellenlängenabhängig, so daß auch durch die Farbwahl der photometrische Kontrast variiert werden kann.

Um als Untergrund der Modellumwelt einen hellen (Schnee), mittleren (Grünflächen) und dunklen (nasse Asphaltflächen) Untergrund zu simulieren, wurden aus verschiedenen zur Verfügung stehenden Reklamepappen 3 ausgewählt, die möglichst mattglänzend und in ihren reflektierten spektralen Strahlungsdichteverteilungen verschieden waren. Ersteres wurde subjektiv, letzteres auf Grund von Messungen der unter gleichen Aufnahmebedingungen bewirkten Schwärzung eines AGFAPAN-Filmes entschieden.

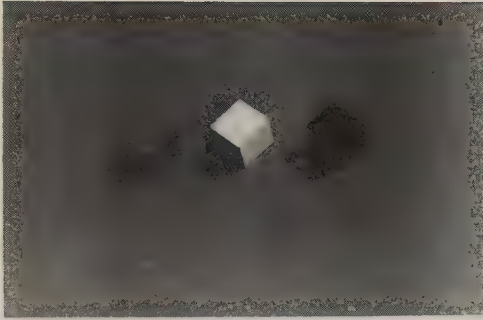
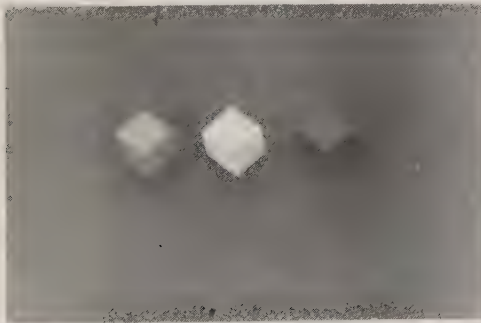


Abb. 12 - 15
 U = grün Einheitliche
 WW = 1.2 Modelle bei
 verschiedenem
 Untergrund (U)
 und verschiede-
 nem Wetter (WW)



U = rot
 WW = 1.2



U = rot
 WW = 2.9



U = weiß
 WW = 2.9

Um mögliche Einflüsse bei der Schattenerkennbarkeit durch Farbvergleiche zwischen Würfel und Untergrund weitgehend zu vereinheitlichen, wurden 3 Würfel mit den gleichen Pappen beklebt, deren Farben - für eine überschlägige Klassifizierung ausreichend - mittels einer OSTWALD-Farbtafel (A) etwa bei:

Weiß: 24 ca II 4

Grün: 22 pa XIV 4 und

Rot: 6 pa XIV 1 zu finden sind.

Ebenfalls aus Gründen des Konstanthaltens der die Sehaufgabe "Farbvergleich" bestimmenden Parameter wurden von jeweils allen 3 Würfeln in gleicher Anordnung Aufnahmen gemacht. Die 2 erkennbaren Seitenflächen der Würfel standen in gleichem Winkel zum Betrachter, und auch der durch die Gegebenheiten bestimmte Aufnahmewinkel wurde konstant gehalten.

Die resultierenden Farbdias, von denen in Abb. 12 - 15 einige SW-Abzüge wiedergegeben sind, unterschieden sich daher nur durch verschiedenen Untergrund und das Aufnahmedatum des Aufnahmetages.

Den durch die Abstraktion auf Umweltmodelle bedingten Informationsverlust kann man dann später aus dem Vergleich mit konkreten Umweltmotiven abschätzen. Anhaltspunkte für die Motivwahl ergaben sich aus der Beobachtung der VP vor der Angabe des WW: Alle VP verließen ausnahmslos ihren Platz und traten nah an die Fenster, um damit den offenbar sonst nicht ausreichenden Gesichtsfeldwinkel bezüglich der Außenweltinformation zu vergrößern. Die spätere Darbietung von Diapositiven entspricht dem umgekehrten Vorgang, nämlich der Gesichtsfeldverkleinerung. Bei der Beobachtung der Außenwelt vom Fenster aus wurde im allgemeinen folgende Reihenfolge eingehalten:

1. Blick auf den Himmel in Richtung Sonnennähe,
2. Blick auf den Himmel in Richtung des Horizontes zu weit von der Sonne entfernten Stellen,

3. Suche nach schattenbildenden Gegenständen,
4. Blick auf leicht bewegliche Gegenstände (Baumblätter, Sträucher), wobei auch aus Bemerkungen wie "heute ist es ganz schön windig" auf die Beurteilung nach dem Parameter der Luftbewegung geschlossen werden kann,
5. gezielte Suche nach Wolkenbildungen in der Ferne, Wasserpfützen auf dem Boden, u.ä., die als Parameter für gewesene oder kommende Wetterveränderungen gelten können.

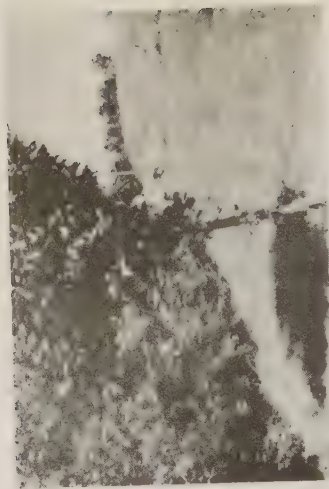
Letzteres bestätigte die Vermutung (s. Abb. 1), daß die Wetterbeurteilung an die aus Vorkenntnissen erlernten Eindrücken gebunden ist.

Entsprechend werden folgende Motive ausgewählt:

- A: Landschaftsmotiv, das beim beschriebenen Suchvorgang dem Blick in die "Ferne" entsprach.
- B: Ein in einer mittleren Entfernung von ca. 20 m stehendes Gebäude mit deutlichen Schattenflächen.
- C: Ein nahegelegener Baum mit geringer Schattenbildung und Sträucher, die bei der Bewertung am Aufnahmetag in die Beurteilung bezüglich der Luftbewegung (Blätter etc.) einbezogen wurden.

Damit sollten aus der den VP bekannten Umgebung des Instituts die von ihnen bei der Wetterbeurteilung unwillkürlich selbst ausgesuchten Gesichtsfeldausschnitte simuliert werden.

In Abb. 16 bis 21 sind - aus drucktechnischen Gründen als SW-Abzüge - einige der bei unterschiedlichen Wetterlagen aufgenommenen Testdias wiedergegeben. Zu den Aufnahmen wurden eine Kleinbild-Kamera EXAKTA Varex II b mit einem JENA-Objektiv 1 : 2.8/50 und handelsübliche KODACHROME-Umkehrfilme verwendet. Die Belichtungszeiten richteten sich nach der Anzeige eines METRASTAR-Belichtungsmessers. Durch die markierten Positionen des Stativs konnten die gewählten Motive an den verschiedenen Tagen wiederholt praktisch ausschnittsgetreu aufgenommen werden.


 $\overline{WW} = 1.2$

 Motiv C $\overline{WW} = 2.9$

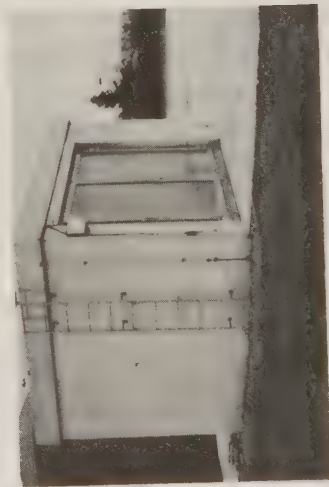
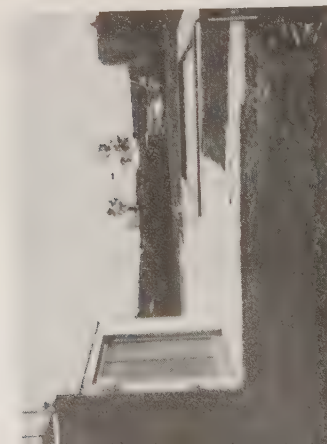
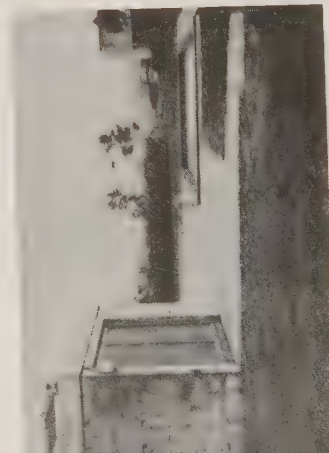
 $\overline{WW} = 1.95$

 Motiv B $\overline{WW} = 3.6$

 $\overline{WW} = 1.2$

 Motiv A $\overline{WW} = 4.1$

Abb. 16 - 21: Motive A, B, C jeweils bei unterschiedlichen Wetterlagen

4.2.2 Testbilddarbietung

Zur Darbietung der Testbilder in 31-facher Vergrößerung auf einer handelsüblichen Projektleinwand wurde ein REVUE-3200-Autofocus-Projektor mit einem Objektiv WILL-WETZLAR 1 : 2.8/85 benutzt. Der wählbare automatische Weitertransport eines Rundmagazines bei einer zwischen 4.1 und 30 sec einstellbaren Darbietungszeit ermöglichte eine kontinuierliche mehrfache Projektion der gleichen Testbildserie von je 100 Diapositiven.

Für die insgesamt 5 Serien stellten sich 3 - 12 VP zur Verfügung, die zum Teil mit den in Abschnitt 2 genannten VP identisch waren. Die VP erhielten die nachfolgend wiedergegebene Erklärung zu lesen, die ausdrücklich die Aufgabe der Bewertung der Wettersituation am Aufnahmetag gegenüber anderen Wertungskriterien herausstellt. Da sich bei der Angabe des WW ein "Übungseffekt" einstellte, wurden bei allen VP die Antworten der ersten Darbietungsreihe nicht verwendet. Die Darbietungszeit wurde zunächst nicht begrenzt. Die Reihenfolge der Testdias wurde mit Zufallszahlen der GEIGY-Tabellen bestimmt.

Abb. 22: Erklärung der Aufgabenstellung bei den Testbildserien:

Innerhalb der nächsten Minuten werden Ihnen Diapositive vorgeführt. Diese beinhalten Motive, die in der Umgebung des Institutes an verschiedenen Tagen aufgenommen wurden. Das an diesen Tagen vorherrschende Wetter wurde von Ihnen und anderen Versuchspersonen mit einer subjektiven Bewertungsziffer zwischen 1.0 ("noch besseres Wetter ist nicht mehr denkbar") und 5.0 ("noch schlechteres Wetter ist nicht mehr denkbar") beurteilt. Heute sollen Sie Ihre Vermutung darüber angeben, bei welchem Wetter in der obigen Ska-

1a die jeweiligen Motive photographiert wurden. Es soll ausdrücklich nicht die Qualität der Dias (z.B. scheinbar über- oder unterbelichtet) beurteilt werden, sondern nur das Wetter.

Um eine geeignete konstante Darbietungszeit festzulegen, wurden die zur Angabe des WW erforderlichen Zeiten gemessen. Hierzu wurden 3 VP die Testdias ohne vorherige automatische zeitliche Begrenzung dargeboten und die Zeit bis zur Antwort gestoppt. Abb. 23 zeigt, daß mit der anschließenden Festlegung auf die apparaturbedingte minimale Darbietungszeit von 4,1 sec (+ 0,1 sec) für die Diapositive im Durchschnitt eine ausreichende Bewertungszeit zur Verfügung stand. Bei ca. 1 sec Transportzeit konnte so die für eine Testbildserie benötigte Zeit bei einer Wiederholung auf ca. 17 min beschränkt werden. Ein aus den Bemerkungen der VP ableitbares Ermüden bei anfänglich längeren Testreihen war damit nicht mehr zu bemerken.

Nach diesen Voruntersuchungen konnten die interessierenden objektgebundenen Variationen im Vergleich zu den als Versuchsfehler aufgefaßten inter- bzw. intraindividuellen Schwankungen in ihrem Einfluß auf den WW unterschieden werden. In jeder Testserie wurden durchschnittlich 6 VP, zum Teil mehrmals befragt. Überschlüssig erhält man so insgesamt rund 10 000 WW-Angaben. Aus diesen wurden entsprechend der jeweiligen Fragestellung die interessierenden selektiert, da die Bearbeitung mit VAR vollständige Blöcke bedingt (s. 5.2.2).

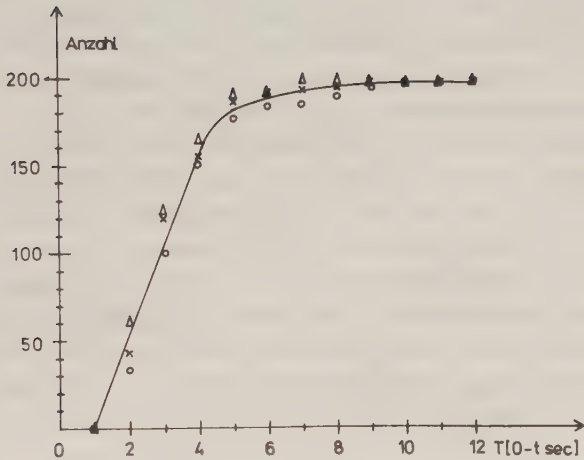


Abb. 23: Beantwortungszeitraum von 3 VP für 200 Testdias

4.3 Ergebnisse

Um zu untersuchen, ob das zuvor genannte Kriterium einer ausreichenden Übereinstimmung des am Aufnahmetag angegebenen Wetterwertes (WW_{Datum}) mit den WW-Angaben in der zugehörigen Testbildserie (WW_{Dia}) erfüllt ist, kann man sich auf die auch später ausschließlich verwendeten geeigneten Dias, d.h. auf die an "repräsentativen" Tagen gemachten Aufnahmen beschränken. Da wegen der schlechten Aufnahmebedingungen an Tagen mit $WW < 5$ nicht photographiert wurde, blieben dazu die an den Tagen mit $WW_{\text{Datum}} = 4.1, 2.9, 1.95$ und 1.2 aufgenommenen Umweltmotive A - C übrig. An diesen Tagen waren im Vergleich zu anderen die maximalen interindividuellen Abweichungen der WW-Angaben besonders gering.

Die Auswertung der Antworten von 8 VP auf die einheitliche Fragestellung (Abb. 22) zeigte, daß die Bewertung der Umweltmotive A und B im Rahmen der intraindividuellen Schwankungen gut mit den durchschnittlichen WW-Angaben an den Aufnahmetagen übereinstimmten (Abb. 24). Hierbei sind jeweils die maximalen Spannweiten der WW-Angaben eingezeichnet, die Kurven approximieren den Mittelwertverlauf. Die einzelnen Bewertungen WW_{Dia} für das Motiv C blieben dabei innerhalb des Bereiches 1.0 - 3.5, während für die anderen beiden auch WW_{Dia} bis 4.5 angegeben wurden. Dies liegt vermutlich an den erkennbaren Regenpfützen, zumal durch Ausschnittsvergrößerung später diese pragmatischen Informationsanteile ausgeblendet und damit eine WW_{Dia} -Verkleinerung (1.2 - 4.1) erreicht wurde.

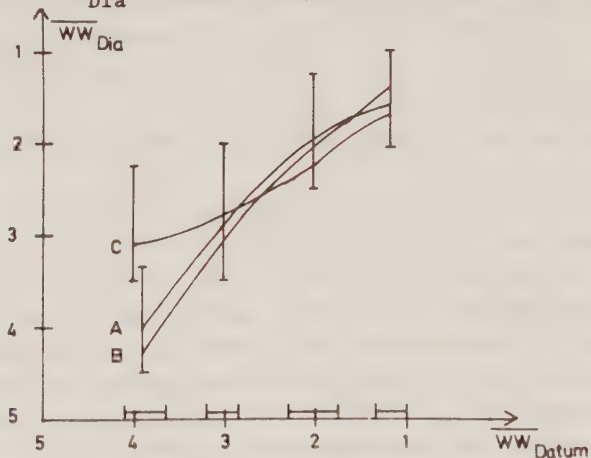


Abb. 24: Bewertungen am Aufnahmetag im Vergleich zur Bewertung bei der Diapositivdarbietung für Motiv A, B und C

Die bei den Umweltmodelle in der gleichen Weise wie zuvor durchgeführte Übersichtsauswertung nach Mittelwertverlauf und Extremabweichungen zeigt, daß, verglichen mit den

hochstrukturierten Testbildmotiven, keine wesentliche Informationseinbuße erfolgt ist (s. Abb. 25), wenn man sich auf die positive Hälfte des Bewertungsintervalles beschränkt. Die Wetterbewertungskriterien für negativ bewertete Wettersituationen hingegen sind offenbar durch die Reduzierung des mit dem Motiv verbundenen semantischen Informationsgehaltes schlechter wahrnehmbar.

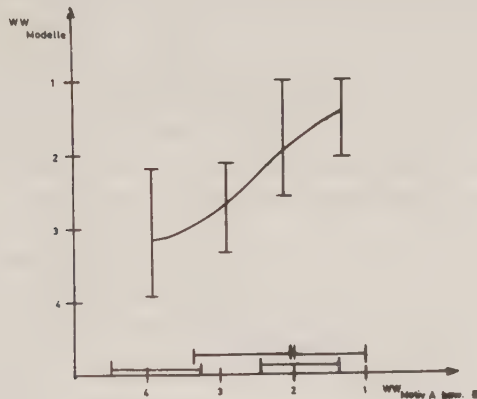


Abb. 25: Schwankungsbreiten der visuellen Wetterbewertung bei verschiedenen Testbildmotiven

Es zeigt sich also:

1. In den Testbildern A, B und C wurde in ausreichendem Maß die visuelle Wetterinformation des positiven WW_{Datum} -Bereiches 1 - 3 gespeichert.
2. Die Zuverlässigkeit und Streubreite bei der Beurteilung der hochstrukturierten Umweltmotive ist für $WW = 1$ und 3 vergleichbar der Beurteilung der einfachstrukturierten Um-

weltmodelle.

Die Nutzinformation I_o ist für diesen WW-Bereich somit ausreichend in allen Testdias enthalten.

5. Variation visueller Informationsparameter bei Testbilddarbietung

5.1 Fragestellung und Ansatzpunkte

Durch die Testdias, die sich nach den Untersuchungen in Abschnitt 4 als geeignete Speicher für die zur Angabe des Wetterwertes bewußt oder unbewußt verwerteten visuellen Parameter erwiesen hatten, konnten von den früher genannten Grundaufgaben des Gesichtssinnes offenbar diejenigen ausreichend erfüllt werden, die zur Wetterbewertung hinreichend sind.

Dabei ist denkbar, daß nicht alle Grundaufgaben mit gleichem Gewicht bewertet werden müssen und zudem die Wahrnehmungsbedingungen eine Rolle spielen.

Das relative Gewicht solcher spezifischen Einflüsse auf das Wetterbewertungsmaß soll im weiteren abgeschätzt werden.

Wie bereits angeführt, kann man das Verändern von testbildgebundenen Parametern und von nichtobjektgebundenen Einflüssen bei der Darbietung mit der Variation der Übertragungsfunktion für das gleichbleibende Objekt "Wetter" vergleichen. Zu den ersteren gehören:

1. Detailstruktur des Motivs als Parameter der "Formenwahrnehmung".
2. Detailgröße als Parameter der "Trennschärfe von Lichtempfindungen".
3. Spektraldichtevertelung des ins Auge des Beobachters gelangenden Lichtstromes als Parameter der "Farbempfindung" und des "Farbvergleiches".
4. Photometrische Kontrastverteilung als Parameter der "Wahrnehmung von Leuchtdichteunterschieden".

Die durch die Darbietungsbedingungen zu beeinflussenden Parameter sind:

5. Intensität des ins Auge des Beobachters gelangenden Lichtstromes als Parameter der "Helligkeitsempfindung".

Weiter wird über die reinen Sehaufgaben hinaus die Wahrnehmung als solche durch

6. die Darbietungszeit,

7. die als "Erinnerung" gespeicherten Vergleichsmodelle der VP

und andere persönliche oder äußere Einwirkungsgrößen beeinflusst, die zu

8. intraindividuellen und

9. interindividuellen Schwankungen bei den WW-Angaben der VP führen.

Um den Einfluß mehrerer Parameter auf eine gemeinsame Zielgröße wie hier den WW zu untersuchen, wird vielfach auf experimentellem Wege ein Faktor n a c h dem anderen in seiner Wirkung beobachtet. Demgegenüber befürwortet FISHER, die Wirkung aller Faktoren gleichzeitig zu untersuchen. Für diese Untersuchungsmethode spricht vor allem, daß die Festsetzung der Faktorenstufen großenteils willkürlich erfolgen muß. Eine Berücksichtigung a l l e r möglichen Stufen würde für jeden Faktor den Aufwand vervielfachen und schnell die Grenze des Praktikablen erreichen. Weiter sagt ein Ein-Faktoren-Versuch nur wenig über die etwaigen Wechselwirkungen zwischen den Faktoren aus (LINDER (1)).

Mit Hilfe der Varianzanalyse kann die FISHER'sche Versuchsplanung ausgewertet werden (Einzelheiten z.B. bei AHRENS oder BRANDT).

5.2 Material und Methodik

5.2.1 Photographisches Verfahren

Zum Variieren der Testdias wurde eine einfache Kopier-Vorrichtung aus 2 OSRAM-Lampen à 100 W, einem diffus streuenden Reflexionsschirm und der EXAKTA-Kamera mit einem NOVOFLEX-Balgenvorsatz und STAEBLE-KATAGON-Objektiv 1 : 4,5 / 60 aufgebaut. Hiermit konnten Ausschnittsvergrößerungen der Kleinbildvorlagen und somit offensichtlich Änderungen des syntaktischen Informationsgehaltes und Variationen der Detailgrößen durchgeführt werden.

Um Aberrationsunschärfen zu minimalisieren, wurde die kleinste Blende (16) gewählt; die Belichtungszeiten ergaben sich aus den für einen AGFAPAN-400-Film ermittelten Schwärzungsdiagrammen der Abb. 26. Hierbei ist nicht die übliche Schwärzung:

$$S = f(\log E) \quad \text{aufgetragen,}$$

sondern die direkt meßbare Transmission:

$$T_x = \frac{I_x}{I_{\max}} \quad \text{gegen den Zehnerlogarithmus}$$

der absorbierten Energie E.

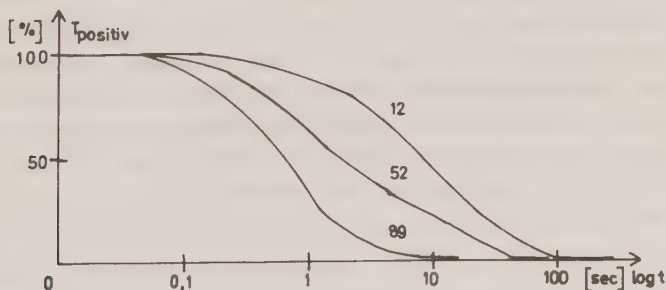


Abb. 26: Transmissionsänderungen in den Positiven bei 3 verschiedenen Negativtransmissionen

Wegen: $S = \log \frac{1}{T}$

erhält man den neuen Verlauf:

$$T = 10^{-S} = 10^{-f (\log E)}$$

Der geradlinige Teil der Schwärzungskurve:

$$S = g \log E \quad (g = \text{Gradation})$$

geht dabei in: $T = 10^{-g \log E}$ über.

Unter Verwendung von:

$$I \cdot t^p = \text{const} \sim E$$

(I = Lichtintensität, t = Belichtungszeit, p = SCHWARZSCHILD-Exponent, der zwischen 0,8 und 1,5 liegt (URLAUB)) erhält man daraus:

$$T = \text{const} \cdot 10^{-\log t}$$

Durch Variation der Belichtungszeiten sowohl beim Negativ als auch beim Positiv gelangt man in Bereiche anderer Steilheit. Die von JOOS geforderte Bedingung:

$$g_{\text{positiv}} \cdot g_{\text{negativ}} = 1$$

für eine möglichst naturgetreue Abstufung des Helligkeitsbereiches konnte so gezielt zur Veränderung der photometrischen Kontraste abgewandelt werden.

Hierdurch und mit der wahlweisen Benutzung von Farb- oder SW-Negativfilmen entstanden über 300 Testdias. Das Rundmagazin des Projektors konnte jedoch nur jeweils 100 Dias aufnehmen, so daß mit dem Ersatz von bereits bewerteten Dias durch andere jeweils neue Testserien entstanden, deren Reihenfolge durch Zufallszahlen bestimmt wurde.

Auch hier erhielten die VP die Aufgabestellung der Abb. 22.

Wenn auch zum Auswerten entsprechend den im folgenden genannten Zielsetzungen nur die Testantworten für verhältnismäßig

wenig Dias benötigt wurden, so hatten die übrigen zumindest als "Zufallsvergleichsdias" die Funktion, für die VP den direkten Vergleich bei kurzfristiger Aufeinanderfolge zu erschweren und mögliche Rückwirkungen auf die Bewertung zu minimalisieren.

5.2.2 EDV-Programme

Für die Korrelationsrechnung (s. 5.3.1) und die Varianzanalyse wurden von DIXON FORTRAN-Programme herausgegeben, die von DIRNAGL (1), PRATZEL und dem Verfasser für die Verhältnisse auf der Rechenanlage TR 440 des Leibnitz-Rechenzentrums der Bayer. Akademie der Wissenschaften in München modifiziert wurden. Die Aufteilung der Datensätze für die als Operatoren fungierenden Programme BMDO 2 D und BMDO 2 V, die im folgenden mit KORR bzw. VAR bezeichnet werden, wird an Hand der Rechnerprotokolle im Abschnitt 5.3 erläutert.

5.3 Ergebnisse

Da die Einflüsse auf den WW durch Variation der in 5.1 genannten Parameter wie erwähnt zum Teil g l e i c h z e i t i g untersucht werden, soll zugunsten einer besseren Übersichtlichkeit in den folgenden Unterabschnitten auf ein strenges Trennen von Methodik, Ergebnissen und Folgerungen verzichtet werden. In den Überschriften der Abschnitte werden die jeweils untersuchten Parameter genannt.

5.3.1 Intra- und interindividuelle Schwankungen

Mit KORR konnten die Testantworten auf die "Gleichsinnigkeit" untersucht werden. Dabei ließen sich die Aussagen einer VP als die Realisationen einer Variablen auffassen. Somit erhält man für eine gleichbleibende Testbildserie eine der VP-Anzahl entsprechende Variablenzahl, die sich für die Wiederholungsreihen vervielfacht. Die Korrelationstabelle zeigt als Beispiel einen Ausschnitt aus der Korrelationsmatrix für eine Testserie.

Hier sind in den von KORR mit "Col..." ausgedruckten Spalten die paarweisen Korrelationskoeffizienten von 12 VP für die WW-Angaben bei der ersten Darbietung und ihrer Wiederholungstestserie aufgeführt.

Für 11 von 12 VP erhält man Korrelationskoeffizienten r über 0,2 (FG = 98). Die in den GEIGY-Tabellen durchgeführte Transformation:

$$r = r \sqrt{\frac{n - 2}{1 - r^2}}$$

erzeugt eine t-verteilte Prüfgröße für r (PFLANZAGL); damit erweist sich die Gleichsinnigkeit der Bewertung mit über 95 % Wahrscheinlichkeit als signifikant.

Bei 1 VP (Variable 11 und 12) waren die Korrelationskoeffizienten mit den anderen VP sogar z.T. geringfügig negativ. Dies ist vermutlich auf ein frühzeitiges Nachlassen der Konzentration zurückzuführen, wie sich aus den Bemerkungen: "Wie lange dauert es denn noch?" o.ä. schließen läßt. In die weiteren Auswertungen wurden die Antworten dieser VP nicht einbezogen.

Zur Kontrolle wurden auch bei den weiteren Testreihen diese Korrelationsuntersuchungen durchgeführt; sie ergaben keinen Anlaß zum Ausschluß weiterer VP.

COL. 11	COL. 12	COL. 13	COL. 14	COL. 15	COL. 16
0.5639	0.4966	0.5747	0.4994	0.7335	0.2994
0.5251	0.4265	0.6093	0.4609	0.6918	0.3555
0.5855	0.5577	0.5545	0.5496	0.6782	0.3144
0.6118	0.5523	0.6252	0.5973	0.6859	0.4372
0.1212	0.1518	0.8481	0.8036	0.7282	0.8948
0.1284	-0.1552	0.7730	0.6709	0.7715	0.6388
0.2285	0.2066	0.7102	0.4290	0.7209	0.4940
0.3570	0.2643	0.8315	0.6988	0.7356	0.6586
0.5679	0.7987	0.3194	0.5956	0.3705	0.4139
0.8058	0.7355	0.4602	0.5393	0.4310	0.3151
1.0000	0.7440	0.2737	0.4493	0.3693	0.0213
0.7440	1.0000	0.0327	0.3370	0.1677	0.1377
0.2737	0.0327	1.0000	0.7738	0.8349	0.6908
0.4493	0.7738	0.7738	1.0000	0.7673	0.8152
0.3693	0.1677	0.8349	0.7673	1.0000	0.6900
0.0213	0.1377	0.6908	0.9152	0.6900	1.0000
-0.0090	0.0499	0.6218	0.5994	0.4843	0.7108
0.0619	-0.0386	0.7701	0.6279	0.6009	0.7305
0.0723	0.0344	0.6524	0.5327	0.5072	0.6237
-0.0516	0.0757	0.5920	0.5698	0.4650	0.7384
0.6105	0.5291	0.5506	0.6573	0.6831	0.4813
0.4020	0.8556	0.6573	0.6947	0.5968	0.6583
0.4020	0.4227	0.5797	0.6511	0.5968	0.5799
0.5871	0.5776	0.4821	0.6399	0.4811	0.4869
COL. 19	COL. 20	COL. 21	COL. 22	COL. 23	COL. 24
0.4510	0.3209	0.8244	0.6771	0.7127	0.6776
0.5853	0.4534	0.7585	0.7514	0.7626	0.7063
0.4914	0.3820	0.8496	0.7538	0.7808	0.7700
0.6346	0.5539	0.8324	0.8650	0.8541	0.8369
0.6530	0.5935	0.4835	0.6546	0.5801	0.5045
0.6037	0.5723	0.4563	0.3947	0.4341	0.42673
0.4503	0.3380	0.3819	0.3763	0.3763	0.2973
0.6932	0.5132	0.5803	0.7458	0.7458	0.8901
0.3152	0.2941	0.6146	0.5009	0.5009	0.6417

Korrelationstabelle: Inter- und intraindividuelle Gleichsin-
nigkeiten bei einer Darbietungsserie; Ausschnitt aus Rechner-
protokoll für lineare Korrelation. Die zu Spalte 11 und 12
gehörende VP zeigt abweichendes Verhalten bei der WW-Angabe

5.3.2 Spektrale Leuchtdichtevertelung, Detailstruktur, Lichtintensität

In Abschnitt 4.3 hatte sich gezeigt, daß durch Dias die visuellen Parameter in dem besonders interessierenden "positiven" Bewertungsintervall für "sehr gute" bis "mittelmäßige" Wetterlagen ausreichend gespeichert werden. Hier wurden daher die Dias ausgewertet, die an den Tagen mit $\overline{WW} = 1,2$ bzw. 2,9 aufgenommen wurden. Diese beiden Faktorstufen waren klar voneinander abzugrenzen.

Eine Aufteilung nach den Motiven A, B, C und den Würfelmodellen mit rotem, grünem und weißem Untergrund bewirkt offenbar eine Unterscheidung nach verschiedenen Details.

Von den farbigen Diapositiven wurden SW-Kopien angefertigt und eine Unterscheidung nach den für die Farbempfindung extremen Kriterien: "Farbig" - "Schwarz-Weiß" getroffen.

Insbesondere aus arbeitsphysiologischen Untersuchungen (z.B. BALDER, HARTMANN) ist der wesentliche Einfluß der Beleuchtungsstärke für Sehaufgaben bekannt.

Um hier die unvermeidbaren Unterschiede in der Gesamttransmission der Testbilder auszugleichen, wurde in den Stromkreis der Projektionslampe ein Regeltrafo geschaltet. Aus Vorversuchen ergaben sich für jedes Dia die Regelstellungen, die von Hand während des ca. 1 sec dauernden Magazintransportes eingestellt wurden. Abb. 27 zeigt, daß dadurch keine wesentliche Änderung der Spektraldichtevertelung verursacht wurde, die die Farbempfindung beeinflussen könnte.

Zusammen mit einem Vorwiderstand wurden so 2 verschiedene Durchschnitts-Leuchtdichten B im Verhältnis $16 \text{ (cd/m}^2\text{)} : 21 \text{ (cd/m}^2\text{)}$ erzeugt, die nach

$$B \text{ (cd/m}^2\text{)} = \frac{Q}{\pi} E \text{ (lx)}$$

ermittelt wurden. Der dazu benötigte Reflexionsgrad der Projektionsleinwand $\varrho \approx 0,9$ ergab sich aus dem Vergleich:

$$\frac{E_{\text{direkt}} \cdot r^2}{I_0} = \varrho \cdot \frac{E_{\text{reflektiert}} \cdot (2r)^2}{I_0}$$

r bedeutet den Abstand zwischen VP und Projektionsleinwand, I_0 ist die Lichtstärke der Projektionslampe und E_{direkt} bzw. $E_{\text{reflektiert}}$ bedeuten die in Leinwandebene bzw. neben dem Auge der VP gemessenen Beleuchtungsstärken.

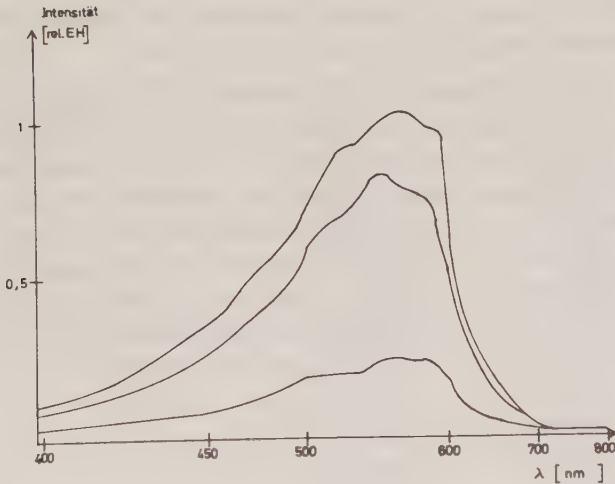


Abb. 27: Spektrale Intensitätsänderung bei Leistungsregelung der Projektionslampe

Die Rundung berücksichtigt Fehler durch Winkelabhängigkeit der Streustrahlung und Meßungenauigkeiten des verwendeten GOSSEN-Luxmeters.

Abb. 28 gibt den interessierenden Teil des TR 440-Protokolls von VAR für die von 7 VP ausgewerteten Testantworten wieder. Nach Aufschlüsselung der Varianzursachen kann man feststellen:

Der WW wird hauptsächlich durch den Informationsgehalt der Dias (Variable 2: Aufnahmedatum) beeinflusst und bestätigt damit das photographische Speichern der Information als gut geeignet. In zweiter Linie spielt offenbar die unterschiedliche pragmatische Information durch die Motive (Variable 3) eine Rolle. Dieser Einfluß unterscheidet sich jedoch nicht signifikant von der interindividuellen Streuung (Variable 1). Die hohe Wechselwirkung "23" zeigt hingegen, daß eine weitergehende Unterscheidung der Motive sinnvoll ist.

Die hohe Wechselwirkung "123" gegenüber den übrigen von den interindividuellen Schwankungen separierten Einflüssen stellt damit keine Überraschung mehr dar. Hingegen erstaunt der geringe Varianzanteil, der sich auf die Unterteilung nach Farbempfindung (Variable 4) und Gesamtleuchtdichte (Variable 5) zurückführen läßt. Zur Untersuchung der WW-Information genügen offenbar SW-Dias. Da vermutlich die Erkennbarkeit der relevanten WW-Details durch die Leistungsregelung nicht gefährdet ist, spielte hier die Bewertung des Gesamtlichtstromes keine Rolle.

PROBLEM NO. 15

NUMBER OF VARIABLES 5
 NUMBER OF REPLICATES 1

VARIABLE	NO. OF LEVELS
1	7
2	2
3	6
4	2
5	2

RAND MEAN 2.13244

Abb. 28:

Var-Protokoll für

interindividuelle Einflüsse (Variable 1)
 Wetterinformation am Aufnahmetag (" 2)
 pragmatische Informationsanteile der
 Motive A, B, C und der Würfelmodelle (" 3)
 Übergang von Farb- zu SW-Dias (Variable 4)
 Änderung der Gesamtleuchtdichte (" 5)

SOURCE OF VARIATION	DEGREES OF FREEDOM	SUMS OF SQUARES	MEAN SQUARES
	6	12,25952	2,04325
1	1	110,51574	110,51574
2	5	30,56765	6,11353
3	1	0,01074	0,01074
4	1	0,00074	0,00074
5	1	0,00074	0,00074
12	6	3,47238	0,57873
13	30	21,51798	0,72060
14	6	0,98155	0,16359
15	6	1,01071	0,16845
23	5	40,20836	8,04167
24	1	0,01074	0,01074
25	1	0,00670	0,00670
34	5	0,16979	0,03396
35	5	0,54836	0,10967
45	1	0,06027	0,06027
123	30	32,13226	1,07108
124	6	0,26321	0,04387
125	6	0,45143	0,07524
134	30	1,54167	0,05139
135	30	2,73393	0,09113
145	6	1,02369	0,17062
234	5	0,29836	0,05967
235	5	0,57813	0,11563
245	1	0,07741	0,07741
345	5	0,50670	0,10134
1234	30	3,57143	0,11905
1235	30	2,43750	0,08125
1245	6	0,51988	0,08665
1345	30	2,98810	0,09960
2345	5	0,44241	0,08848
RESIDUAL	30	2,06905	0,06967
TOTAL	335	273,07640	

5.3.3 Modelle, Sehwinkel, Darbietungsreihenfolge

Die Ergebnisse aus 5.3.2 erlauben eine Beschränkung auf SW-Dias und weisen auf die Notwendigkeit einer weiteren Motivunterscheidung hin. Daher wurden in einer weiteren Testreihe die Antworten von 6 VP (Variable 3) in Abb. 29 nur noch bezüglich der Würfelmotive (Abb. 18 - 21) untersucht.

Das VAR-Protokoll (Abb. 29) zeigt wieder den hohen Anteil der wetterbedingten Beleuchtungsvariation für den WW-Informationsgehalt (Variable 2) und den gegenüber vorher stark verminderten Anteil durch die Detailstruktur (Variable 1); die "Umweltmodelle", die sich nur durch den Untergrund unterscheiden, sind untereinander offenbar weitgehend äquivalent. Zumindest wirken sich die interindividuellen Schwankungen (Variable 3) deutlich stärker aus. Deren Einfluß läßt sich auch aus den Wechselwirkungen 13 und 23 ableiten.

Die besonders von SCHÖBER (5) vertretene Modellvorstellung des Gesichtssinnes als Differenzempfänger legt eine zusätzliche Berücksichtigung des Einflusses durch die unmittelbar zuvor dargebotenen Testdias nahe. Die Aufeinanderfolge der Dias jeder Testreihe war daher mittels einer Zufallszahlentabelle (GEIGY) bestimmt worden. Erwartungsgemäß blieben die Bewertungen innerhalb von 2 verschiedenen Testreihen dadurch unbeeinflusst (Variable 4).

Durch Ausschnittsvergrößerung wurde außerdem noch der Sehwinkel für das Detail "Schattenfläche" und die Flächenverhältnisse vergrößert. Damit wird berücksichtigt, daß die Unterschiedsempfindlichkeit (UE) mit der Größe der gesehenen Fläche zunimmt (MÜNCH (2)). So bewirkte innerhalb einer Darbietungszeit von 1 sec bei Untersuchungen von BLACKWELL ein Vergrößern des Detail-Sehwinkels von 1' auf 4' eine Steigerung der UE auf das 10-fache, gleichbleibend über 3 Dekaden der

Abb. 29:

KORREKTUR NO. 16

NUMBER OF VARIABLES 5
 NUMBER OF REPLICATES 1
 VARIABLE NO. OF LEVELS
 1 3
 2 2
 3 6
 4 2
 5 2

RAND MEAN 2.09851

VAR-Protokoll für
 gleichartige Modelle (Variable 1)
 Wetterinformation am Aufnahmetag (" 2)
 interindividuelle Einflüsse (" 3)
 "Voreinstellung" der VP durch die
 Vergleichsdiagramme verschiedener Testreihen
 (Variable 4)
 Detailgrößenänderung bei Ausschnitt-
 vergrößerung (Variable 5)

SOURCE OF VARIATION	DEGREES OF FREEDOM	SUMS OF SQUARES	MEAN SQUARES
	2	1.12681	0.56340
	1	43.56000	43.56000
	5	12.00389	2.40078
	1	0.11111	0.11111
	1	0.18778	0.18778
2	2	1.75292	0.87646
3	10	18.27903	1.82790
4	2	0.11264	0.05632
5	2	0.17597	0.08799
3	5	12.89417	2.57883
4	1	0.01361	0.01361
5	1	0.17361	0.17361
4	5	0.24306	0.04861
5	5	0.54306	0.10861
5	1	0.30250	0.30250
23	10	7.91792	0.79179
24	2	0.31431	0.15715
25	2	0.56931	0.28465
34	10	1.28819	0.12882
35	10	0.81319	0.08132
45	2	0.13625	0.06812
34	5	0.54722	0.10944
35	5	0.43056	0.08611
45	1	0.44444	0.44444
45	5	0.25833	0.05167
234	10	0.40486	0.04049
235	10	0.92153	0.09215
245	2	0.21514	0.10757
245	10	0.89792	0.08979
245	5	0.82639	0.16528
RESIDUAL	10	1.03403	0.10340
TOTAL	143	108.59972	

Leuchtdichte; Vergrößerungen von 10' auf 60' hatten jedoch schon bedeutend weniger Effekt.

Betrachtet man hier die Erkennbarkeit der Schattenflächen auf dem Untergrund als wichtiges Detail für die WW-Angaben, so lagen die in den Testdias enthaltenen Detailgrößen je nach Ausschnittvergrößerung bei 2 bzw. 3 mm in waagerechter und 1,5 bzw. 2,1 mm in senkrechter Ausdehnung. Durch die Projektion wurden diese Details rund 31-fach vergrößert, so daß sich bei einem Abstand der VP von 180 ± 10 cm mit ca. 40' ein Sehwinkel in der Größenordnung der Versuche von BLACKWELL ergab.

Hier zeigt die Variation (Variable 5) keine erkennbare Beeinflussung der Bewertung. Offenbar war die Detail-Erkennbarkeit immer gewährleistet. Daher war auch eine genauere Fixierung der VP durch Kopfstützen o.ä. unnötig.

5.3.4 Schattigkeit, Untergrund- und Gegenstandsleuchtdichte

Die durch die Modelle beabsichtigte Abstrahierung von pragmatischen Informationsanteilen (Formenwahrnehmung) wurde somit ausreichend erreicht. Die Modelle unterscheiden sich dabei voneinander nur durch die unterschiedlichen Leuchtdichten von Untergrund, Schattenfläche und Würfelflächen. Diese Differenzierung sollte aber auch mit künstlicher Beleuchtung möglich sein. Im Unterschied zu einer Einteilung nach dem Aufnahmedatum würde sich dann an einer neuen, die Schattigkeit charakterisierenden Einstufung zeigen, ob mit künstlicher Beleuchtung ähnliche Einflüsse auf den WW zu erzielen sind wie bei natürl. Beleuchtung. Die Schattenwirkung sollte daher im Zusammenhang mit der Untergrundleuchtdichte eingehender untersucht werden. Dazu wurden mit einer künstlichen Beleuchtungseinrichtung aus einem Projektor und 2 BRAUN-Blitzlichtlampen

für nur noch je einen zur Schattenbildung benötigten Modellwürfel die Leuchtdichte verhältnisse variiert.

Die schließlich (vergl. 5.2.1) erhaltenen Diapositive, die zum Teil in Abb. 30 - 33 wiedergegeben sind, konnten zur Auswertung (Abb. 34) eingeteilt werden in 3 Stufen von Transmissionsdifferenzen (Variable 1), die mit einem ZEISS-Mikrophotometer als möglichst voraussetzungsloses Maß der Schattigkeit gemessen wurden:

$$D = T_{\text{Untergrund}} - T_{\text{Schattenfläche}}$$

mit $D_1 \leq 9 \%$, $10 \leq D_2 \leq 21 \%$ und $D_3 > 21 \%$

Die ebenfalls in die Auswertung einbezogene Untergrundtransmission T_U (Variable 3) wurde wie die Transmission der Würfeloberfläche T_W als Maßstab der Gegenstandsleuchtdichte (Variable 4)

$$\text{mit } T \leq 31 \% \text{ bzw. } T > 31 \%$$

variiert. Diese Stufeneinteilungen ergaben sich aus der Notwendigkeit, vollständige Blöcke zur Auswertung bilden zu müssen.

Aus Abb. 34 ist ersichtlich, daß die Schattigkeit wie vorher eine herausragende Bedeutung besitzt, besonders beim Separieren von den interindividuellen Einflüssen durch die Aufteilung "12". Untergrund- und Gegenstandleuchtdichte spielen nur eine untergeordnete Rolle. Daß die Wechselwirkung "13" deutlich über "14" liegt, kann nicht mit einem entsprechend der größeren Flächenausdehnung vergrößerten Einfluß der Untergrundleuchtdichte erklärt werden: Wegen der Leistungsregelung (s. Abb. 27) und der Erkenntnis, daß Änderungen der überwiegend durch die Untergrundleuchtdichte bestimmte Gesamtleuchtdichte keinen Einfluß zeigten (siehe 5.3.2), kommt diese Erklärungsmöglichkeit nicht in Betracht. Die nähere Untersuchung nach der Richtung der Variation von Variable 3 (Unter-

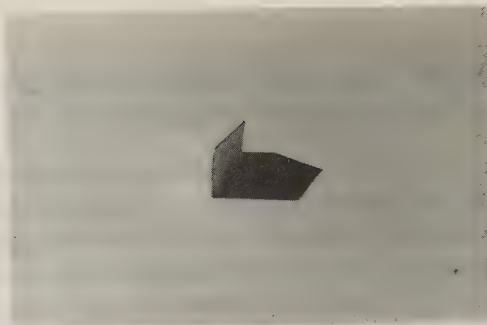
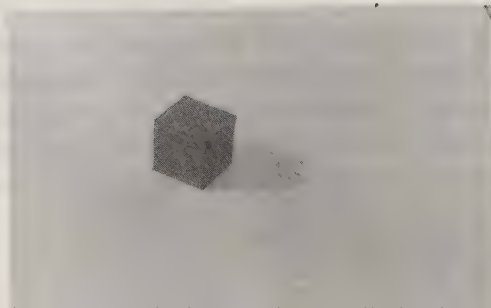
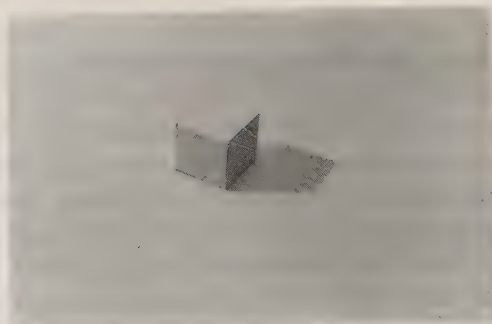
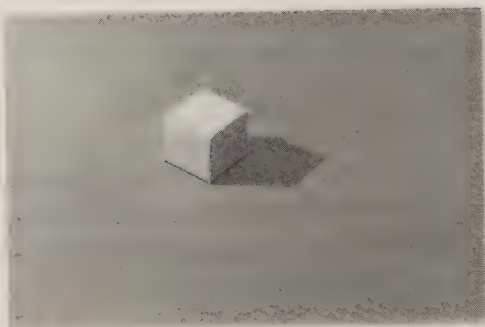


Abb. 30 - 33:

Einige Modelle auf
verschiedenem Un-
tergrund bei künst-
licher Beleuchtung
zur Schattenvaria-
tion



PROBLEM NO. 17

NUMBER OF VARIABLES 4
 NUMBER OF REPLICATES 1

VARIABLE NO. OF LEVELS
 1 3
 2 6
 3 2
 4 2

GRAND MEAN 1.69157

Abb. 34:

VAR-Protokoll für

Schattigkeitsabstufungen (Variable 1)
 interindividuelle Einflüsse (" 2)
 Untergrundleuchtdichte (" 3)
 und Gegenstandleuchtdichte (" 4)

MEAN
 SQUARES

SUMS OF
 SQUARES

DEGREES OF
 FREEDOM

1	2	4.81000	2.40500
2	5	8.94167	1.78833
3	1	0.08000	0.08000
4	1	0.01389	0.01389
12	10	5.25833	0.52583
13	2	0.24333	0.12167
14	2	0.02776	0.01389
23	3	0.35000	0.07000
24	5	0.73611	0.14722
34	1	0.00222	0.00222
123	10	0.49167	0.04917
124	10	0.59722	0.05972
134	2	0.22111	0.11056
234	5	0.17775	0.03555
RESIDUAL	10	0.76369	0.07639
TOTAL	71	22.71500	

grundleuchtdichte) ermöglicht die folgende Feststellung:

Bei hellem Untergrund fallen die WW-Angaben im allgemeinen positiver aus als bei dunklerem.

Damit deutet sich für die Empfehlung zur Raumklimatisierung von SCHOBER (4): "Je heller der Fußboden ist, desto besser hellt er die Wände und die Raumdecke auf", unabhängig von der lichttechnischen Begründung ein psychometrisch erhaltener Beleg an. Die vorsichtige Formulierung berücksichtigt den Vergleich mit dem um Größenordnungen deutlicheren Einfluß der Schattigkeit.

5.4 Wertung

In Abb. 35 sind die Ergebnisse dieses Abschnittes zusammengefaßt dargestellt. Hierzu wurden die "durchschnittlichen", d.h. auf den Freiheitsgrad 1 bezogenen, Varianzen der jeweiligen Klassifikationsmerkmale (Haupteffekte) in ihrem relativen Gewicht zur Summe aus allen zu vergleichenden "Durchschnittsquadraten" (LINDER (2)) berechnet und für jeden Versuchsabschnitt aufgetragen.

1. Block: Von den in 5.3.1 verglichenen Faktoren

1. 6 verschiedene Motive
2. visuelle Wetterinformation an 2 Aufnahmetagen
3. interindividuelle Einflüsse bei 7 VP
4. Gesamtleuchtdichtestufen
5. Farbinformation

und ihren Wechselwirkungen nimmt die Wetterinformation die weitaus wichtigste Steuerfunktion für den WW ein.

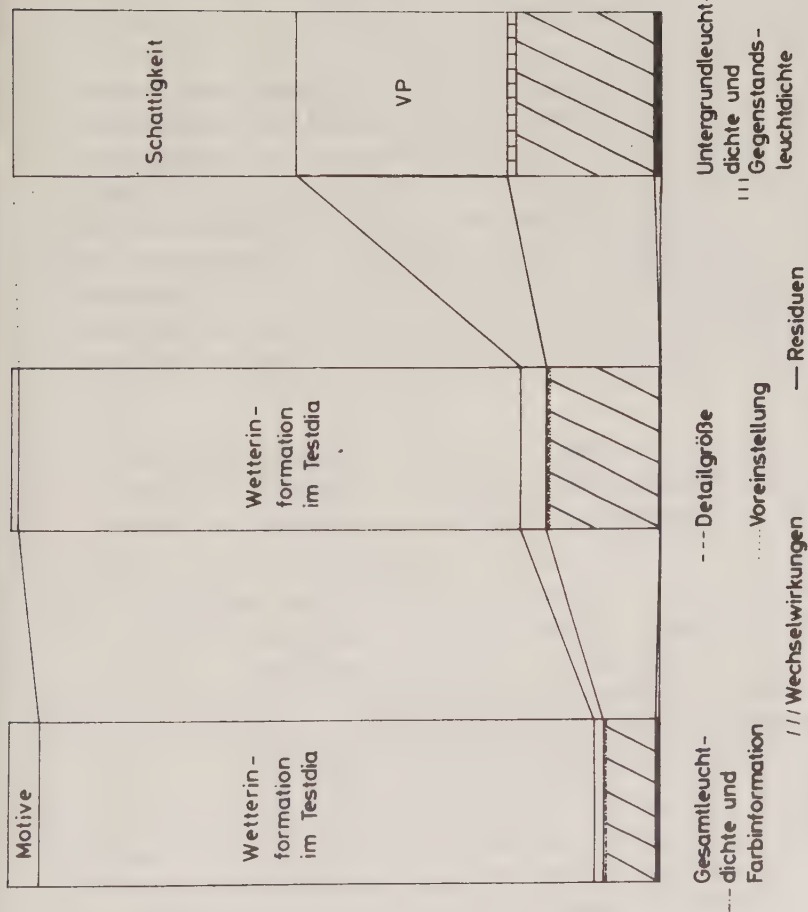


Abb. 35: Zusammenfassende Übersicht zur relativen Wichtigkeit der Klassifikationsmerkmale bei den Varianzanalysen in den Abschnitten 5.3.1, 5.3.2 und 5.3.3. (Erläuterungen im Text)

2. Block: In 5.3.2 ist der motivgebundene Informationsanteil (Sehaufgabe "Formenwahrnehmung") gegenüber vorher anteilmäßig deutlich reduziert; die objektive Wetterinformation an den Aufnahmetagen bestimmt immer noch hauptsächlich den WW, Detailgröße und die während der Darbietung kurz vorher gezeigten Diapositive ("Voreinstellung") spielen nur eine untergeordnete Rolle.

3. Block: Stellt man die Variationsursachen bei der Angabe des WW für die durch künstliche Beleuchtungsbedingungen erzeugte Wettersituation dar, so erkennt man im Vergleich zu den realen Wettersituationen bei den ersten beiden Blöcken, daß das Schattigkeitskriterium aus 5.3.3 gegenüber den sonst noch denkbaren Einflüssen (unterschiedliche Gegenstands- und Untergrundleuchtdichte) die Funktion der Wetterinformation übernommen hat; auch im Vergleich zu der vergrößerten interindividuellen Unsicherheit bei der Beurteilung der scheinbaren Wettersituation überwiegt immer noch dieser "Wetter"parameter.

Man erkennt daraus, daß das Unterscheidungsvermögen zwischen verschiedenen Wetterbewertungsstufen zwar jeweils abnimmt, aber dennoch gegenüber den übrigen Einflußfaktoren überwiegt.

Mit der von Schritt zu Schritt durchgeführten gezielten Informationsverringerung kann man die Hypothese bestätigen, daß die Wetterinformation überwiegend von der Schattenerkennbarkeit abhängt. Demgegenüber haben die Sehaufgaben der Farbempfindung und der Helligkeitsempfindung - zumindest bei den hier gewählten Stufen der Gesamtleuchtdichte etwa im Verhältnis 3 : 4 - einen erstaunlich geringen Einfluß.

Gerade die letztere Feststellung widerspricht den Ergebnissen aus arbeitsphysiologischen Untersuchungen, bei denen die Beleuchtungsstärke einen wesentlichen Einfluß auf die allerdings auch andere Fragestellung hatte (z.B. BALDER, HARTMANN).

Man kann natürlich versuchen, entsprechend den von verschiedenen Autoren vorgeschlagenen Schattigkeitsdefinitionen (GUTEROV, KRENZKE, NORDEN, ONDRACEK) speziellere Abstufungen gegenüber der hier absichtlich sehr allgemeinen Transmissionsdifferenz zu wählen. Da in diesen Definitionen aber ähnlich wie hier ohnehin lediglich Beleuchtungsstärke- bzw. Leuchtdichtedifferenzen, die sich im Dia als Transmissionsunterschiede bemerkbar machen, nach unterschiedlichen Gewichtungsvorschriften zu berücksichtigen sind, und da weiter ohnehin letztlich die Frage nach der Übertragbarkeit der Ergebnisse einer Testbilddarbietung auf den üblichen 3-dimensionalen Beobachtungsraum zu prüfen ist, war die Aufgabe, die Wichtigkeit der verschiedenen Sehaufgaben unter vergleichbaren Bedingungen in ihrer Bedeutung für die subjektive Wetterbewertung gegeneinander abzuschätzen, bereits jetzt ausreichend erfüllt.

6. Sektorielle Strahlungsstärkeverteilung

6.1. Fragestellung

Da sich aus Abschnitt 5 die die Schattigkeit bestimmenden Parameter als wesentlich erwiesen hatten (mit der Einschränkung auf das positive Bewertungsintervall), sollten nunmehr Parameter der Schattigkeit mit der jeweiligen Wetterbewertung für natürliches Wetter verglichen werden.

6.2 Durchführung

Die Farbigkeit und damit die spektrale Intensitätsverteilung des ins Auge des Beobachters gelangenden Lichtstromes hatten keinen wesentlichen Einfluß gezeigt. Daher wurde die Messung der Beleuchtungsstärke mittels eines nach CIE dem spektralen Hellempfindungsgrad des Auges angepaßten Luxmeters ersetzt durch die Messung der Leuchtdichte einer magnesiumoxydbedampften horizontalen Fläche mit einem VALVO-Photomultiplier 90 CV. Ein nachgeschalteter temperaturstabilisierter 2-stufiger Verstärker ermöglichte durch die Strom-Spannungs-Charakteristik:

$$I = I_0 (e^{U_T} - 1) \text{ mit } U_T = \frac{k \cdot T}{e_0} \quad (\text{VOGELSANG})$$

des als Diode geschalteten Eingangstransistors eine etwa logarithmische Meßwerttransformation und damit eine Meßbereichserweiterung. In Abb. 36 ist das verwendete Schaltbild (modifizierte Form nach AMN) wiedergegeben.

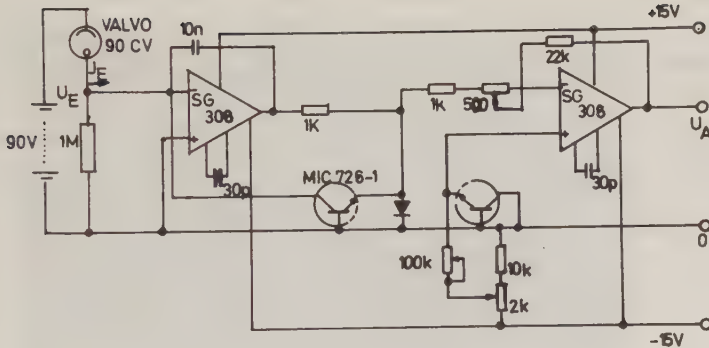


Abb. 36: Logarithmischer Verstärker $\Delta U_{\text{out}} = \text{const} \log \frac{I_{\text{in}2}}{I_{\text{in}1}}$

Abb. 37 zeigt den äußeren Aufbau der Apparatur bei demontierter Abdeckung. Die Reflexionsfläche wurde durch einen drehbaren 2 cm x 20 cm Spalt sektoriell von der Globalstrahlung beleuchtet. Eine 360°-Drehung, in der jeweils einmal kurzzeitig eine nach Norden ausgerichtete Abdeckung als Markierung einer totalen Abschaltung sorgte, benötigte 0,5 min; infolge der großen Spaltbreite machten sich jedoch keine Einflüsse der Totzeit des nachgeschalteten Schreibers bemerkbar.



Abb. 37: Meßapparatur mit abgesetztem Gehäuse. Das durch den Eintrittsspalt tretende Licht wird von der Magnesiumoxyd-Fläche zur darüber befindlichen Vakuumfotозelle gestreut und über den Verstärker in Spannungen transformiert

Abb. 38 zeigt als Beispiel einen Ausschnitt aus einer Registrierkurve bei wechselnder Bewölkung ($WW \approx 2$), in der deutlich die zeitweise Verdeckung der Sonne feststellbar ist. Die übrigen Schwankungen innerhalb einer 360° -Drehung lassen sich auf Reflexionen von ortsfesten Gegenständen der Umgebung zurückführen. Die Eichung in lx erfolgte dabei teils mit direkter Vergleichsmessung, teils auf rechnerischem Wege durch Vergleich mit der Anzeige des Luxmeters bei direkter Beleuchtung bzw. Messung des reflektierten Lichtstromes einer Normfläche.

Die WW-Angaben wurden wie in Abschnitt 2 ermittelt.

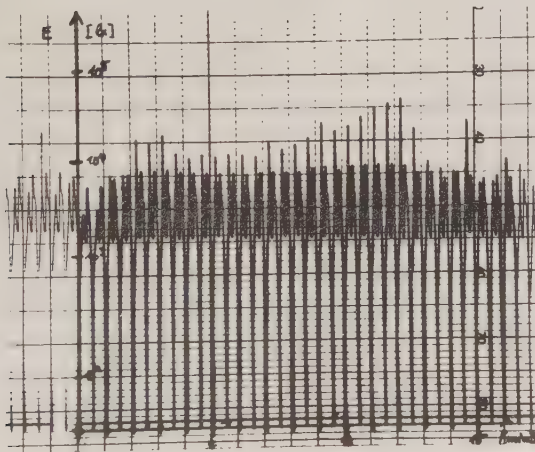


Abb. 38: Auszug aus einer Registrierkurve bei wechselnder Bewölkung

6.3 Ergebnisse

Messungen der lediglich durch Himmelsstrahlung bedingten horizontalen Beleuchtungsstärke E mit einem Luxmeter bzw. der proportionalen Leuchtdichte B der magnesiumoxydbedampften Meßfläche mit der beschriebenen Apparatur ließen außer für extreme Wettersituationen bei $WW \approx 1$ (über 5000 lx) gegenüber $WW \approx 5$ (überwiegend unter 2000 lx) keine Korrelationen mit dem WW erkennen, da sich der Einfluß der Sonnenhöhe gegenüber Teilbewölkung weit stärker bemerkbar machte (Abb. 39). Dies ist erklärlich, da nach SCHULZE (2) die Globalstrahlung und damit die Gesamtbeleuchtungsstärke bei vollbedeckten Tagen nur um ca. 10 % gegenüber wolkenlosen Tagen abnimmt.

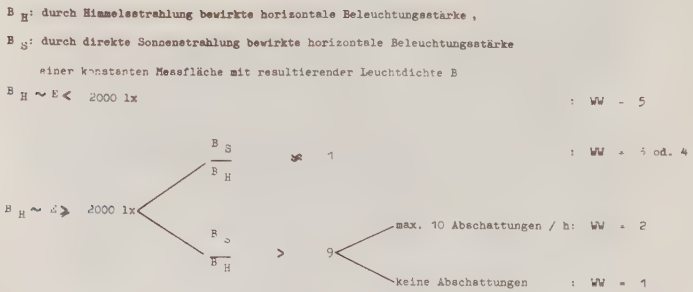


Abb. 39: Zusammenhang der gerundeten visuellen Wetterbewertung (WW) mit der objektiven Messung der sektoriellen Strahlungsstärkeverteilung

Um die Annahme einer Abhängigkeit des WW von der Licht-Schatten-Wirkung und damit von der Bewölkung, die gewöhnlich in 1/10 Anteilen abgeschätzt wird, zu untersuchen, wurden die WW-Angaben mit den während des Befragungszeitraumes aufzeichneten Schreiberprotokollen verglichen.

Der Unterschied zwischen direkter Sonnenstrahlung und Globalstrahlung ist durch unterschiedliche Ausschläge gekennzeichnet.

Zum Bezugsmaß B_H wurde der Maximalausschlag des Schreibers bei künstlicher Abschattung gewählt, als natürliche "Abschattung" galt jeder mindestens 1.5 min (= 3 Umdrehungen) dauernde Rückgang der Ausschläge B_S in den Bereich der B_H -Werte.

Für 9 mit "sehr gut", 5 mit "gut", 6 mit "mittelmäßig", 4 mit "mangelhaft" und 2 mit "ungenügend" - entsprechend der qualitativen Einstufung in Abschnitt 2 - bewertete Tage lassen sich die Beobachtungen der Abb. 39 festhalten. Verglichen mit der Unterscheidung nach dem Verhältnis B_S / B_H als Parameter der Schattigkeit stellt die Absolutmessung B_H als Parameter der Gesamtleuchtdichte ein verhältnismäßig unscharfes Kriterium dar (s.o.). Aber auch die Schattigkeitsmessung konnte hier nicht zu einem objektiven Differenzieren der mit WW = 3 oder WW = 4 bewerteten Wettersituationen verhelfen. Vermutlich ist hier die Hinzunahme eines Hygrometers notwendig, zumal bei Wetterlagen mit WW = 4 im Gegensatz zu WW = 3 häufig Niederschlag zu verzeichnen war.

7. Diskussion

Die Ergebnisse der einzelnen Abschnitte mußten zum Teil bereits dort diskutiert werden, um Richtlinien für die weiteren, darauf aufbauenden Schritte zu erhalten. Daher kann man sich nunmehr auf eine Wertung im Zusammenhang der Untersuchungen beschränken und die folgenden Fragen erörtern:

1. Wie ist die Zuverlässigkeit der angewendeten Methoden zu beurteilen?
2. Wie läßt sich die unterschiedliche Gewichtigkeit der Sehaufgaben bei der visuellen Wetterbewertung erklären?
3. Wie lassen sich die Untersuchungen allgemein in die bioklimatische Forschung eingliedern?
4. Welche optisch-vegetativen Wirkungsmechanismen sind als Wetterwirkung denkbar?

7.1 Methodendiskussion

Als erstes stellt sich die Frage nach der Eignung des Wetterwertes für die Fragestellung.

Während bei vielen physiologischen Fragestellungen mit logarithmischer Abhängigkeit der Empfindungsskala von den physikalischen Reizen weder Anfang noch Ende von Bewertungsskalen abgegeben werden können und sich erst hinterher auf Grund von Schwellenuntersuchungen derartige Grenzen ergeben, wurde hier von vornherein eine Begrenzung in der Art vorgenommen, wie sie den VP von der Schulzeit und anderen Prüfungssituationen her als feste (begrenzte) Wertskala für qualitativ bewertete Leistungen bekannt war. Hier gibt es eine Grenze für optimale und minimale Leistungen, auch wenn deren absolute Gültigkeit keineswegs unumstritten ist. Einwände gegen die Bildung des arithmetischen Mittels bei der verwendeten Skalierung gelten in gleichem Maße wie für das in Deutschland übliche Zensuren-

system; in Ermangelung besserer Kriterien wird dieses zusammenfassende Maß zu folgenschweren Entscheidungen verwendet wie bei der Notenbonus- bzw. -malusberechnung zur Vergabe von Studienplätzen (Staatsvertrag über die Vergabe von Studienplätzen v. 20.10.1972 und G.V.NW.S. 539 v. 5.12.73) o.ä. Mit einer Ausnahme wurden keine weiteren Anforderungen an die Skalierung, die relativ wenig Aufwand erfordert und damit den Einfluß von Übungseffekten gering hält, vorausgesetzt, sondern bewußt statt der üblichen, an eine Normalverteilung gebundene Standardabweichung bzw. statt der Mittelwert-Streuung die absoluten Schwankungsbreiten eingezeichnet. Lediglich in Abschnitt 5 war bei den Korrelationsrechnungen und Varianzanalysen das zusammenfassende Maß der SAQ notwendig. Einwände hiergegen müssen aber auch auf die betrachteten Teilkollektive übertragen werden, so daß die relativen Aussagen in ihrer Größenordnung erhalten bleiben. Die Entwicklung der modernen Statistik hat dabei allgemein wesentlich dazu beigetragen, den Argumenten Gewicht zu nehmen, daß subjektive Angaben von Versuchspersonen zu Ergebnissen führen müßten, die "weiche Daten" liefern. Zwar erhält man statt einer generell gültigen Gesetzmäßigkeit nach Art der Gesetze der klassischen Physik statistische Regeln. "Man darf aber den hohen Wert einer für viele - und mit steigender Durchforstung des Gebietes für immer mehr - Fälle gültigen Statistik nicht übersehen. Bekanntlich machen die moderne Physik und Technik heute ebenfalls davon Gebrauch, beispielsweise dann, wenn die Zahl der physikalischen Einzelursachen zu unübersichtlich ist" (SCHÖBER (2)).

Der wesentliche Vorteil der benutzten Testbildmethode ist, daß die Versuchsanlage es ermöglicht, verschiedene interessierende Parameter *g l e i c h z e i t i g* zu variieren und erst anschließend das relative Gewicht der einzelnen Parametervariationen zu errechnen:

Bei einmaligem Befragen ist eine Wechselwirkung von jeweiliger, z.B. tagesrhythmisch schwankender Gefühlslage und Wetterbewertung nicht auszuschließen. Durch das Darbieten objektiv gleicher Testbilder zu verschiedenen Zeiten kann man hingegen erwarten, daß eine solche Wechselwirkung gestört wird. Auch andere mögliche, an die Probanden gebundene Einflüsse stören die Auswertung nicht: derartige nicht erfaßbare Größen sollten sich gleichmäßig auf alle Teilkollektive verteilen. Durch die Korrelationsrechnung war zusätzlich ein zu starkes Abweichen einzelner VP von vornherein ermittelt und berücksichtigt worden. Dadurch ergab sich zwar eine geringere Anzahl an Probanden, die aber ausreicht, um relative Beziehungen bei der Variation vieler Parameter zu erforschen; HUSEMANN genügten bei physiologisch-optischen Untersuchungen zur Differenzierung von Detailerkennbarkeit und Unterschiedsempfindlichkeit die Angaben von lediglich einer VP.

Für die beabsichtigten relativen Größenordnungsaussagen sind somit die Skalierung und die in den Programmen durchgeführten Rechenoperationen gerechtfertigt.

Eine weitere Frage betrifft den Bezug der Modelluntersuchungen zur Fragestellung.

Man muß dazu berücksichtigen, daß im Klimaraumexperiment allgemein die Auswahl der zu variierenden Einflußgrößen sich nach der Stärke des in Korrelationsuntersuchungen gefundenen Zusammenhanges, den Möglichkeiten zur Realisierung im Modellversuch und vor allem nach Überlegungen zu denkbaren Wirkungsmechanismen richtet. Bei solchen theoretischen Überlegungen kann man davon ausgehen, daß der Mensch als informationsverarbeitendes System die aus der Umgebung aufgenommenen Signale wahrnimmt, diese im Zuge eines Optimierungsverfahrens bewertet und danach sein Verhalten ausrichtet. Die Informationsaufnahme geschieht überwiegend durch visuelle Wahrnehmungen. Diese sind es letztlich, die den prägenden Einfluß

auf unseren Lebensrhythmus haben: Aus seinen Versuchen kommt WEVER zu dem Schluß, daß die Beleuchtungsstärke die circadiane Periodik beim Menschen beeinflusst, wenn auch in geringerem Ausmaß als in Tierversuchen.

Um die bei der visuellen Wetterbewertung beteiligten Sehaufgaben in ihrer Bedeutung bei der Wetterbewertung zu differenzieren werden und dazu die visuellen "input"-Signale für den Organismus objektiv aufzuzeichnen, wurden die "erstaunlichen Ähnlichkeiten zwischen dem menschlichen Auge und der photographischen Kamera" (SCHÖBER (3)) ausgenutzt. Es erwies sich, daß durch photographisches Speichern auch begrenzter Gesichtsfeldausschnitte die Mehrzahl der Sehaufgaben bei der Wetterbewertung zu erfüllen war. Dies ist verständlich, da damit im wesentlichen nur die Bewegungswahrnehmung, die Raumempfindung und die Formenwahrnehmung beeinträchtigt werden. Die Bezeichnung "nur" erscheint gerechtfertigt, da durch Beschränken auf gleichbleibende Gesichtsfeldausschnitte die Wahrnehmung von unbekannten Formen als primäre Erkennbarkeitsaufgabe ausgeschlossen wurde. Bezüglich der Raumempfindung sei darauf verwiesen, daß der Mensch es ohnehin gewohnt ist, benötigte Informationen aus 2-dimensionalen Beobachtungsräumen (Buchseiten, Fernsehschirm, ...) zu entnehmen.

Lediglich für das Auswerten visueller Indizien für Luftbewegung (Vorbeiziehen von Wolken, Flattern von beweglichen Gegenständen u.ä.) hätte sich der Verlust der Bewegungswahrnehmung erschwerend auswirken können. Daher war die in Abschnitt 4 durchgeführte Kontrolle, nach der eine Wetterbewertung an Hand von Testbildern ausreichend möglich ist, vor einer anschließenden Variation einzelner visueller Parameter unerlässlich. Umgekehrt erwies sich in Abschnitt 6, daß mit Einschränkungen die aus den künstlichen Versuchsbedingungen der Abschnitte 3 - 5 gewonnenen Ergebnisse auf die reale Umweltsituation übertragen werden können.

Die durchgeführten Schritte lassen sich in Abb. 40 zusammenfassen, die an ein Schema von SIXTL anknüpft. Es soll zum Ausdruck gebracht werden, wie von links nach rechts mit zunehmender Begrenzung der dem Probanden zugänglichen Information das zur Verfügung stehende Reaktionskontinuum (SIXTL) kleiner wird:

Zunächst (1. Schritt) stehen für die Reizvermittlung bei der Wetterbewertung im Normalfall alle Sinneswahrnehmungen (einschließlich der möglicherweise z.B. durch elektrische Felder o.ä. bewirkten nicht-wahrnehmbaren physiologischen Reaktionen) zur Verfügung. Bei den Untersuchungen in Abschnitt 2 und 3 wurden die nichtvisuellen Sinneswahrnehmungen bereits weitgehend ausgeschlossen (2. Schritt), und bei der Testbilddarbietung wurde ein möglicher verbliebener Zusammenhang der Wetterbewertung mit nichttestbildgebundenen Parametern auf einen Zufallseinfluß zurückgedrängt (3. Schritt). Nach der Normierung des Bildinhaltes auf die Würfelmodelle erfolgte die Reizvermittlung schließlich nur noch durch wenige Sehaufgaben (4. Schritt). Aus der gleichzeitig beobachteten mehr oder weniger starken Einschränkung des Reaktionskontinuums ergab sich die zu untersuchende unterschiedliche Gewichtigkeit der einzelnen Sehaufgaben.

Da sich im Klimaraumversuch (3. Abschnitt) gezeigt hatte, daß allein durch Steuerung der Gesamtbeleuchtungsstärke ein großer Bereich des Reaktionskontinuums, gemessen mit dem Wetterwert, überstrichen wird, interessierte anschließend hauptsächlich nur die Differenzierung im "positiven" Bereich des Reaktionskontinuums (untere Skala der Abb. 40). Die dazu gewählte Einschränkung des Reizkontinuums (obere Skala) führt gleichzeitig jedoch zu einer immer weiteren Entfernung von realen Umweltbedingungen. In Abschnitt 6 wurde daher wieder die Verknüpfung zum 1. Schritt hergestellt. Dabei zeigte sich, daß das Ergebnis der Testbilddarbietung, nämlich die herausragende Gewichtigkeit der Schattenerkennbarkeit im WW-Bereich

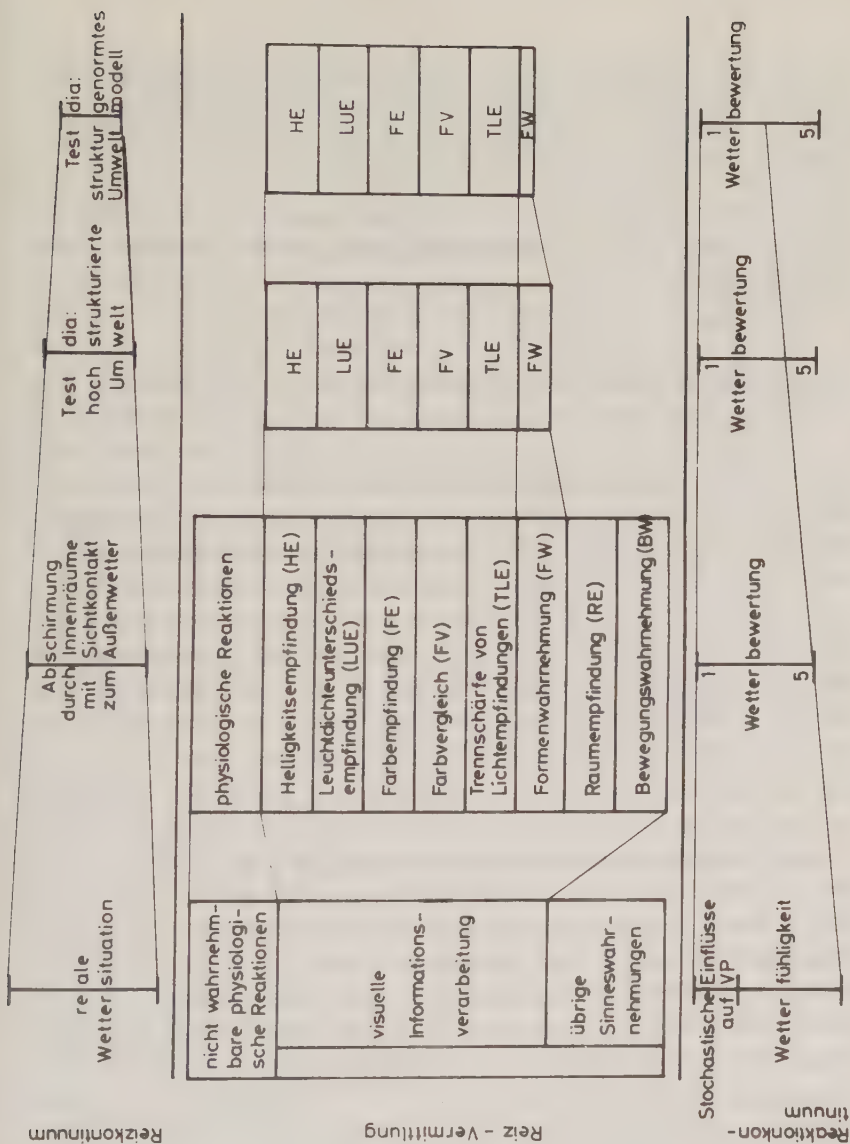


Abb. 40: Die durch die Versuchsanlage gesteuerte Reizreduzierung und die damit bewirkte Einschränkung des Reaktionskontinuums bei der Wahrnehmung von Wetterinformation (s. Text)

1 - 3, auch im realen Anwendungsfall die wesentliche Rolle spielt. Auch die Übertragung der Ergebnisse aus dem Klimaraumversuch ist mit Einschränkungen möglich; dies wird anschließend noch eingehender diskutiert.

Insgesamt kann man feststellen, daß mit der gewählten Methodik die Fragestellung ausreichend genau erfaßt und bearbeitet werden konnte.

7.2 Die Gewichtigkeit der Sehaufgaben bei der visuellen Wetterbewertung

In Abschnitt 4 hatte sich herausgestellt, daß allein auf Grund visueller Wahrnehmungen Wettersituationen mit genügend geringer interindividueller Variationsbreite differenziert werden können. Um die Frage nach dem "Wie" zu beantworten, wurde nach SCHOBER die Aufgliederung der visuellen Wahrnehmung in 8 Sehaufgaben als Richtlinie genommen. Die Sehaufgaben sind zwar nicht völlig voneinander zu trennen, aber mit der zuvor diskutierten Versuchsanlage war eine schwerpunktmäßige Betonung einzelner Parameter möglich.

Als sehr wichtig erwies sich (Abschnitt 4 und 5) die geeignete Wahl der photographierten Gesichtsfeldausschnitte mit der unterschiedlichen pragmatischen Information. Durch die verwendeten Würfelmodelle konnte dieser Einfluß deutlich verringert werden. Variationen von Blickwinkel und Testbildreihenfolge zeigten bei der auf Grund von Vorversuchen gewählten Darbietungszeit keinen Einfluß, und auch der Übergang von Farbdias zu Schwarz-weiß-Vorlagen bedingte nur einen geringen Anteil an der Gesamt-Varianz im Bewertungsspielraum.

Da als Aufgabe das E r k e n n e n von gegebenen Wettersituationen und ausdrücklich n i c h t e i n B e w e r t e n des Testdias herausgestellt wurde, ist der geringe Einfluß

der Farbempfindung zu verstehen: so werden durch Fernsehprogramme wichtige Informationen (Nachrichtensendungen, Bildungsprogramme, ...) ebenso mit Farbempfangsgeräten wie auch mit Schwarz-Weiß-Empfängern richtig verstanden. Daß dabei ein Farbbild als angenehmer empfunden wird, berührt diese Feststellung nicht. Auch die Leuchtdichte von Untergrund und Gegenstand ist nicht ausschlaggebend. Erst eine entsprechende weitere Differenzierung zeigt, daß in höherer Ordnung ein hellerer Untergrund durchschnittlich positiver bewertet wird als ein dunklerer. Bemerkenswert ist, daß sich im Größenordnungsvergleich, in dem die vorgegebenen interindividuellen Änderungen den Vergleichsmaßstab bilden, auch eine deutliche Variation der Gesamtleuchtdichte nicht bemerkbar machte. Aus dem Vergleich der Klimaraumergebnisse könnte man schließen, daß die Testbildsituation in dieser Hinsicht tatsächlich die Lichtverhältnisse im positiven WW-Bereich gut simuliert. Andererseits ist bei der Testbilddarbietung nicht auszuschließen, daß die VP in Kenntnis der zeitintegralen Wirkung einer Photoschicht von vornherein darauf verzichteten, die nicht mehr ohne weiteres durchzuführenden Rückschlüsse auf die Beleuchtungsverhältnisse am Aufnahmetag durchzuführen. Durch die begrenzte Darbietungszeit war ja ein gewisser Zwang zu rationellem Beurteilen gegeben.

Daraus würde sich auch erklären, daß diese Effekte allesamt durch den Einfluß der die Schattigkeit bestimmenden Parameter übertroffen werden. Für die genormten Modelle, die mit künstlicher Beleuchtung photographiert wurden, läßt sich die Leuchtdichtedifferenz als solcher Parameter nachweisen. Für diese Testdias war die zuvor bestehende Klassifizierung nach dem Aufnahmedatum nicht sinnvoll. Die sicher vom Wetter unabhängige Einteilung in künstlich erzeugte Schattigkeitsstufen führte vergleichsweise zu ähnlichen Varianzanteilen wie zuvor die tatsächliche Wetterinformation. Dabei soll daran erinnert werden, daß außer den für diese Auswertung interessierenden

Testdias eine Vielzahl von dargebotenen "echten" Wettersituationen bewertet werden mußte. Dadurch war für eine ständige Ausnutzung des nahezu gesamten Bewertungsintervalles gesorgt.

Die Ergebnisse aus Abschnitt 6 zeigen, daß tatsächlich bei einer Beschränkung auf Schattigkeitsparameter wie die Messungen der durch die Bewölkung verursachten Beleuchtungsstärkeunterschiede eine mit der subjektiven Wetterbewertung recht gut korrespondierende Klassifizierung vorgenommen werden kann, die allerdings im negativen Bewertungsintervall nicht mehr befriedigt.

Aus den Bemerkungen der VP sowohl bei der Ansicht der Testbilder wie auch bei der direkten Bewertung in Abschnitt 2 und 3 läßt sich entnehmen, daß im WW-Bereich 3 - 5 die Erkennbarkeit von Kriterien für den meteorologischen Parameter "Niederschlag" wichtig ist. Interessant ist es dabei, daß offenbar die Erwartungshaltung der VP eine Rolle spielt: während für die Bewertung der Testdias mit Motiven aus dem Freien (Abb. 12 - 17) die Erkennbarkeit von Niederschlagsparametern einen Einfluß hatte, konnte im Klimaraumversuch, in dem kein Niederschlag erwartet wird, allein durch Steuerung der Beleuchtungsstärke die Differenzierung zwischen WW 3 bis 5 erreicht werden (Abschnitt 5). Für die Versuche in Abschnitt 6 reichte wiederum das der Raumhelligkeit entsprechende Kriterium "globale Beleuchtungsstärke" nicht aus. Geht man von solchen unterschiedlichen Erwartungswerten aus, auf die in Abschnitt 7.4 noch näher eingegangen wird, so folgt, daß für den positiven WW-Bereich trotz der hervorstechenden Bedeutung der Schattigkeitsvariation sowohl bei der Testbild-darbietung als auch bei der objektiven WW-Erfassung in Abschnitt 6 nicht mit Sicherheit vorher gesagt werden kann, ob sich auch in Innenräumen durch Anbringen von Rastern o.ä. ein genauso deutlicher Unterschied bei der subjektiven Bewertung ergibt. Derartige schattigkeitsfördernde Einrichtungen scheinen zwar nach diesen Untersuchungen erfolversprechender zu

sein als z.B. Änderungen der Farbgestaltung, eine Erhöhung der Gesamtbeleuchtungsstärke oder die Wahl der Möbelerierung noch mehr Kontrastwirkung zu den Raumflächen, aber erst Testreihen direkt in entsprechend modifizierten Klimakammern könnten darüber Aufschluß geben, ob nicht bereits die Versuchspersonen darauf voreingestellt sind, in Innenräumen auch noch so gute Außenklimasimulationen als künstlich und damit von vornherein als nicht-optimal zu bewerten. Nachdem für den in Abschnitt 3 beschriebenen Klimaraum ohnehin bereits die Beleuchtungsstärke-Steuerung zu einer weitgehenden Ausnutzung des WW-Bereiches führt, erscheint ein weiterer, auf die Beeinflussung der Wetterbewertung über visuelle Parameter ausgerichteter lichttechnischer Aufwand als uneffizient. Als nächster Schritt sollte vielmehr untersucht werden, in welchem Ausmaß in Klimaräumen die Wetterbewertung vergleichsweise durch Temperatur-, Feuchte- und Beleuchtungsstärkeänderungen beeinflusst wird. Erst wenn sich daraus ergeben sollte, daß die Beeinflussung über den Kanal der visuellen Wahrnehmung überwiegt, erscheint ein lichttechnischer Aufwand gerechtfertigt zu sein, mit der herausragenden Bedeutung der Sehaufgabe Leuchtdichteunterschiedsempfindung für die visuelle Wetterbewertung Rechnung getragen würde.

7.3 Einordnung der Untersuchungen in die bioklimatische Forschung

"Die Welt besteht aus dem Ich und dem Anderen, der Innenwelt und der Außenwelt" (BORN).

In bioklimatischen Korrelationsuntersuchungen werden im Zeitverlauf Wetterelemente als Teil der Außenwelt einerseits und Verhaltensreaktionen als nach außen sichtbare Merkmale von Innenweltveränderungen andererseits auf im Prinzip 4 Vergleichsmöglichkeiten hin erfaßt (de RUDDER):

1. Meteorologisches Einzelelement -
Biologischer Einzelvorgang
2. Meteorologisches Einzelelement -
Verhalten des Gesamtorganismus
3. Meteorologischer Akkord -
Biologischer Einzelvorgang
4. Meteorologischer Akkord -
Verhalten des Gesamtorganismus.

Die meisten Arbeiten wurden nach Prinzip 1. durchgeführt: TROMP führt allein über 2000 Literaturstellen zu Einzelbeobachtungen an, aus denen hervorgeht, daß außer den bereits in der Einleitung genannten input-Parametern noch Aerosolgehalt der Luft, Luftchemie und -elektrizität, Elektromagnetismus u.a. als mögliche biotrope Wetterelemente angesehen wurden.

Der Wunsch, ein einzelnes meteorologisches, physikalisches oder chemisches Element als "den" biotropen Faktor zu entdecken, erfüllte sich bislang jedoch nicht. Bereits seit etwa 1950 versuchte ein Teil der Autoren, das komplexe Wettergeschehen als Ganzes zu berücksichtigen. Aus der Auffassung, daß man den einen oder anderen Faktor zwar als Indikator betrachten kann, daß er aber für andere Zweige der atmosphärischen Vorgänge nicht repräsentativ ist (BREZOWSKY (1), wurden mehr oder weniger einfache Ordnungsschemata entwickelt: UNGEHEUER (1, 2) und BREZOWSKY (2, 3) unterteilen die Wettervorgänge in zunächst 6, dann 8 und jetzt 10 Phasen. Nach BECKER kann ein stündliches Bioklimogramm bestimmt werden, SCHULZE und KUHNKE berücksichtigen in einem Biometeorogramm Großwetterlage, Höhenströmung und relative Feuchte in der Troposphäre, und DAUBERT unterscheidet nach anfänglicher Aufspaltung in 20 verschiedene Vorgänge heute nur mehr avitalisierende, indifferente und vitalisierende Gruppen von Reizkombinationen.

Bezüglich dieser den "Akkord der Wetterelemente" (LINKE) beschreibenden Einteilungen wurden ebenfalls Korrelationsuntersuchungen durchgeführt, die Prinzip 3. und 4. der de RUDDER'schen Einteilung entsprechen. So berichten z.B. WALTERA, SCHMALZI, REITER (2), WESSELY, WALBRUNN oder ZETTLER über die Änderungen physiologischer Parameter hinaus auch über die Auswertung allgemeiner Verhaltensstatistiken wie die Verkehrsunfallhäufigkeit, die Selbstmordrate, den Notendurchschnitt von Schülerarbeiten, die Häufigkeit von Notzuchtverbrechen, Äußerungen zum Allgemeinbefinden bei Kranken und Gesunden, die Schmerzempfindung bei Amputierten u.a.

Wie können nun die in dieser Arbeit durchgeführten Untersuchungen eingeordnet werden?

Im LINKE'schen Akkord der Wetterelemente haben visuell erfaßte Kenngrößen eine keineswegs untergeordnete Bedeutung, wie ein von HOFMANN angeführtes Beispiel des in der synoptischen Meteorologie (Synopsis = Zusammen s c h a u) gebräuchlichen internationalen Wetterschlüssels zeigt:

005 62118 80216 13715 58442 13702

005: Kennziffer des Wetterschiffes Elbe I

6: v i s u e l l beurteilte Bedeckung des Himmels: zu
6/8

21: Windrichtung 210° = SW

18: Windgeschwindigkeit 18 Kn

80: v i s u e l l beurteilte Sichtweite:

30 km (an einigen Stationen durch Extinktionsmessungen festgestellt)

21: v i s u e l l beurteilter Witterungscharakter in der letzten Stunde: Regen

6: v i s u e l l beurteiltes Wetter in den letzten
3 Stunden: Regen

137: auf NN reduzierter Luftdruck: 1013.7 mb

- 15: Lufttemperatur 15°C
- 5: v i s u e l l beurteilte Bedeckung des Himmels mit 5/8 unteren Wolken
- 8: v i s u e l l beurteilte Wolkenart:
Cumulus oder Stratocumulus
- 4: v i s u e l l beurteilte und erst z.T. durch Ceilographen o.ä. bestimmte Wolkenuntergrenze:
300 - 399 m
- 4: v i s u e l l beurteilte mittlere Wolkenart:
alto cumulus lenticularis
- 2: v i s u e l l beurteilte obere Wolkenart:
dichter cirrus
- 13: 13°C Taupunktstemperatur
- 7: Luftdruckgradient in den letzten 3 Stunden:
unregelmäßig fallend (visuell beurteilte Barographenauswertung)
- 02: 0.2 mb absolute Luftdruckänderung

Die in Abschnitt 2 durchgeführte g l e i c h z e i t i g e Beurteilung aller zur Verfügung stehenden visuellen Informationsparameter entspricht im de RUDDER'schen Schema zunächst mehr der Erfassung des gesamten meteorologischen Akkordes (Prinzip 3 bzw. 4) als der Berücksichtigung eines meteorologischen Einzelelementes.

Bereits im Klimaraumversuch zeigte sich jedoch, daß unter diesen Versuchsbedingungen das E i n z e l e l e m e n t Beleuchtungsstärke für einen großen Teil des Bewertungsintervalles (2.0 - 4.5) ausschlaggebend war (Abschnitt 3). Unter wieder anderen Versuchsbedingungen erwies sich in der Testbilddarbietung (Abschnitt 4 und 5) die Schattenerkennbarkeit als Maß des Verhältnisses von direkter zu indirekter Beleuchtung und damit ebenfalls als E i n z e l e l e m e n t ausschlaggebend für die Bewertung im Bereich 1.0 - 3.0. Die zuletzt durchgeführte Untersuchung (Abschnitt 6) berücksichtigte daher nur diese

beiden Einzelelemente und mußte somit eher Prinzip 1. bzw. 2. der de RUDDER'schen Einteilung zugeordnet werden, allerdings im Vertrauen darauf, durch die aufeinander aufbauenden Schritte "die" Faktoren herausdifferenziert zu haben, die für die visuelle Wetterbeurteilung wesentlich sind. Daß dieser Wunsch leider nicht vollständig in Erfüllung geht, wurde schon bei der Erläuterung der Ergebnisse in Abschnitt 6 festgestellt: in der praktischen Anwendung konnten die mit $WW = 3$ bzw. 4 beurteilten Wetterlagen *n i c h t* mehr wie im Klimaraumversuch durch objektive Messung der Gesamtbeleuchtungsstärke differenziert werden. Zur Erklärung dieser Diskrepanz muß man sich näher mit der Bedeutung des WW als Reizreaktion des menschlichen Organismus befassen.

7.4 Die visuelle Wetterbewertung als Reizreaktion des Organismus

Ein möglicher Ansatzpunkt auf der Suche nach einer Erklärung der Wetterfühligkeit ergibt sich aus der Vorstellung, daß beim Menschen als vorwiegend optisch orientiertem Lebewesen durch Lichtreize ein komplexer Rhythmus vom Umfang einer vegetativen Gesamtumschaltung reguliert werden kann. Zunächst versucht der Organismus, zur Aufrechterhaltung der Funktionstüchtigkeit, in einem komplexen Regelkreissystem Störungen entgegenzuwirken. Für die Reaktion des Organismus ist dabei lediglich der *U n t e r s c h i e d* zwischen Ist-Wert und Soll-Wert ausschlaggebend. Lichtänderungen können sich daher auf zweierlei Weise auswirken:

Einmal variieren Lichtänderungen die physiologisch-optischen Ist-Bedingungen. So hängt die Erkennbarkeit der bewerteten Sehdinge von Adaptationsleuchtdichte L , Reizleuchtdichte $L + \Delta L$, Reizdauer t und Sehwinkelgröße α der gesehenen Reizflächen ab (MÜNCH (1)), HARTMANN berücksichtigt noch Licht-

farbe, Umfeldgröße u.a.m. Ungünstige Sehbedingungen können u.U. zu physischen und psychischen Beschwerden wie Kopfschmerzen u.ä. führen, wobei naturgemäß in der Praxis primär diese Beschwerden registriert werden und erst bei gründlichen Nachforschungen die eigentliche Ursache eruiert werden kann (SCHÖBER (5)). So ist denkbar, daß zumindest bei Wetterlagen von WW 4 - 5 die physiologisch-optisch schlechten Sehbedingungen vom Sehorgan nicht mehr ausreguliert werden können und damit direkt zu Befindensstörungen führen.

Andererseits können auch die Soll-Werte beeinflußt werden: Neben zeitlich praktisch konstanten Sollwerten gibt es zahlreiche zeitlich veränderliche "Erwartungsgrößen", die bezüglich ihrer periodischen Variabilität in einer umfassenden Übersichtsdarstellung von HILDEBRANDT (1) angeführt werden. Zu diesen gehören auch die sensorische (KNOERCHEN) und die vegetative (GUNDLACH) Lichtempfindlichkeit. Aus Untersuchungen (Abb. 41) über die Änderungen der Eosinophilenzahl nach 2 Stunden Belichtung, der Cortisolausscheidung im Durchschnitt der ersten 2 Belichtungsstunden sowie der Herzfrequenz während der ersten Belichtungsstunden nach 8 Dunkelstunden (HILDEBRANDT et. al. (2)) geht hervor, daß der spontane tagesrhythmische Gang beeinflußt werden kann. Dabei ist zu erwarten, daß reaktiv-periodische Überlagerungen des Tagesrhythmus mit Schwankungen der Reagibilität einhergehen. Für die beim Klimaraumversuch im WW-Bereich 4.5 bis 2.0 gefundene deutliche Abhängigkeit der Bewertung von der Beleuchtungsstärke sind so neben einer Erklärung, daß die physiologisch-optischen Sehbedingungen direkt beeinflußt werden, zusätzlich offenbar auch Sollwertverschiebungen, die sich auf das Vegetativum auswirken, zu berücksichtigen.

Dies zeigt sich an der unterschiedlichen Bewertung der objektiv gleichen Beleuchtungsstärke am Morgen bzw. am Abend: der Sollwert liegt morgens offenbar auf einem höheren Niveau als

abends. Dementsprechend sind morgens die Abweichungen zu einer im Augenblick der Bewertung vorstellbaren optimalen Beleuchtungssituation größer als abends.

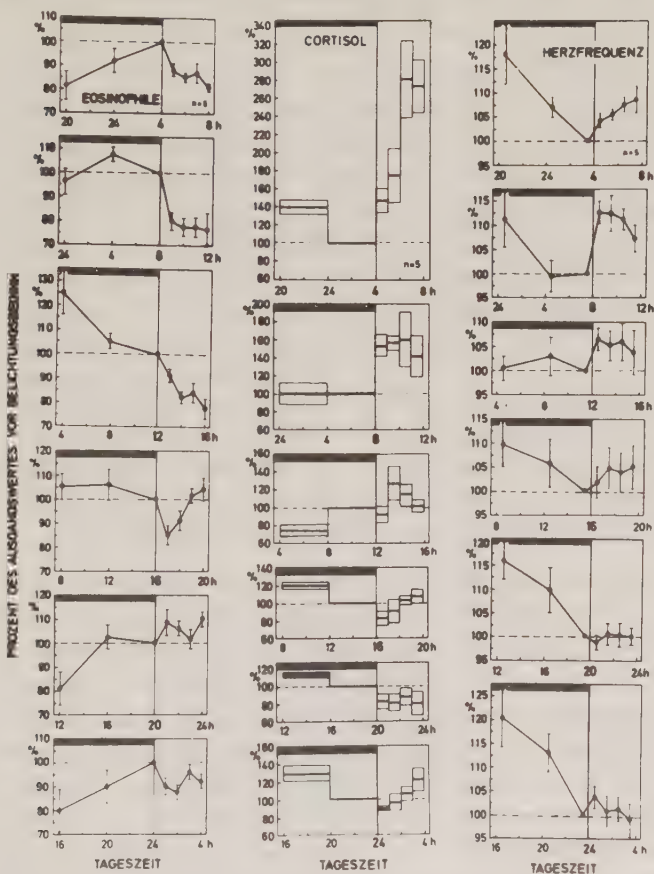


Abb. 41:

Mittlerer Verlauf der Eosinophilenzahl, Cortisol-Ausscheidung und Herzfrequenz von 5 Versuchspersonen in 6 Untersuchungen mit einer jeweils 8stündigen Dunkelzeit und einer nachfolgenden Lichtexposition von 4 Stunden Dauer (500 Lux), geordnet nach dem Belichtungsbeginn. Die individuellen Werte der Eosinophilenzahl sind bezogen auf den Wert bei Belichtungsbeginn, die der Cortisol-Ausscheidung auf den Durchschnitt der letzten 4 Dunkelstunden und die der Herzfrequenz auf den Mittelwert der letzten Dunkelstunde. Die eingezeichneten Klammern geben den Bereich des Standardfehlers der Mittelwerte an. (Nach Hildebrandt und Lowes 1972)

Wenn sich aber künstliche Abweichungen von einem postulierten Sollwert so relativ deutlich objektivieren lassen, dann ist auch denkbar, daß wetterbedingte Änderungen der Beleuchtungsstärke auf die Reagibilität des Menschen Einfluß haben:

Dem rein astronomisch bedingten periodischen Lichtwechsel im normalen Lebensraum des Menschen überlagert sich tagsüber eine durch die an die Lufthülle gebundene meteorologisch bedingte Variabilität der Lichtverhältnisse, durch die der Mensch aktiviert wird: er kompensiert schließlich im Zuge der Selbststeuerung durch künstliche Beleuchtung, wenn die natürlichen Beleuchtungsbedingungen subjektiv als zu störend empfunden werden. Je nach Phasenlage wird die erzwungene Aktivierung mehr oder weniger als Befindensstörung bemerkbar.

Aus den durchgeführten Untersuchungen geht weiterhin hervor, daß für eine optimale subjektive Bewertung ein alleiniges Steuern der Beleuchtungsstärke - im Extremfall der Licht-Dunkel-Wechsel - nicht ausreichend ist, daß also nicht nur die physiologisch-optischen Sehbedingungen relevant sind.

Die Existenz einer überraschend niedrig liegenden oberen Grenze der horizontalen Beleuchtungsstärke wurde bei bedingt vergleichbaren Fragestellungen auch von MÜNCH und RANGE gefunden (Abb. 42 und 43). Hierbei wurden ebenfalls subjektive Bewertungen als Kriterium verwendet, mit der Zielsetzung, angenehm bewertete Beleuchtungsbedingungen herzustellen. Insbesondere ist interessant, daß RANGE in Innenräumen das Verteilungsmaximum der Bewertung "angenehm" schon bei kleineren Beleuchtungsstärken erhielt als im Freien; wie beim Vergleich der Ergebnisse des Klimaraumversuches mit denen aus Abschnitt 6 verwerten die VP offenbar nicht nur die objektiven Gegebenheiten, sondern setzen sie in Bezug zu Erwartungswerten:

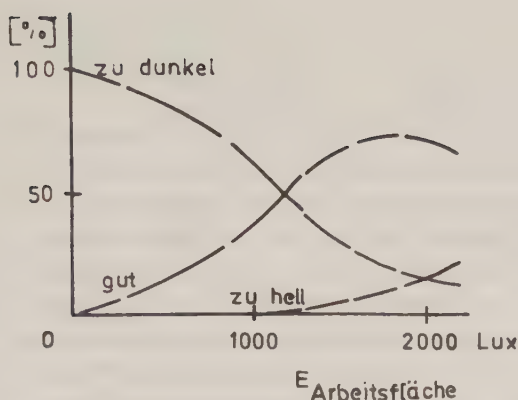


Abb. 42: Grenzbereich der horizontalen Beleuchtungsstärke am Arbeitsplatz für die subjektive Bewertung (n. MÜNCH)

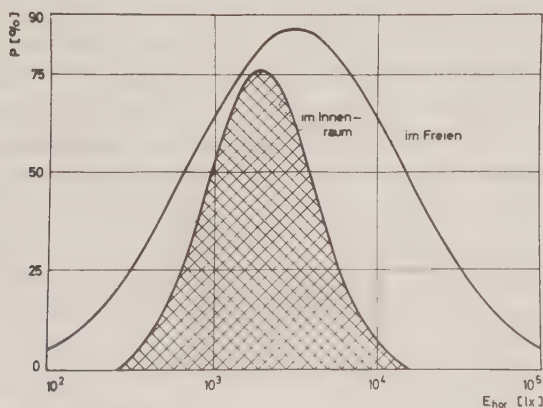


Abb. 43: Häufigkeitsverteilung der Bewertung "angenehm" einer Untersuchungsreihe zur subjektiven Bewertung der horizontalen Beleuchtungsstärke eines im Freien und im Innenraum befindlichen Arbeitsplatzes mit einem Maximum bei ca. 2000 lx (n. RANGE)

Im Klimaraumversuch war vermutlich ebenfalls ein anderer "Erwartungswert" für die Beleuchtungsstärke maßgebend (WW-Bereich 4.5 - 2.0 war *g u t* zu differenzieren) als bei der Außenbeurteilung im 6. Abschnitt (*k e i n e* gleichartige Differenzierungsmöglichkeit durch E_{gesamt} für WW 2 - 4).

Ausgehend von der Existenz solcher Erwartungswerte eröffnet sich eine Verbindung zu den "klassischen" Wetterparametern: Die wetterbedingten Lichtänderungen können auch über den Weg bedingter Reflexe Abwehrreaktionen des Organismus gegenüber ungünstigen Umwelteinflüssen in Gang setzen. Wie im Falle des klassischen Versuches von PAWLOW stellt sich der Organismus im Laufe eines Lernprozesses darauf ein, daß im Anschluß an bestimmte Wetterlagen besondere Belastungen (Abkühlung, Beeinträchtigung der Hautwasserabgabe, ...) zu erwarten sind (Abb. 44).

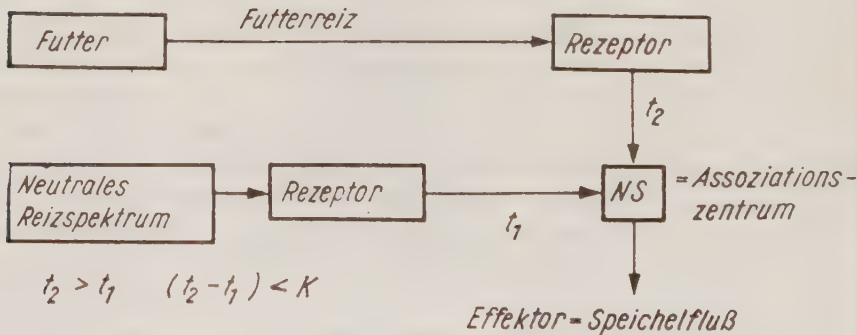


Abb. 44: Der bedingte Reflex beim PAWLOW'schen Versuch
(n. KLAUS)

Die eigentliche dem "Futter" vergleichbare Wirkungskomponente des biotropen Geschehens wird dann im Laufe der Zeit mit dem praktisch unentrinnbar ständig auf uns einwirkenden zunächst neutralen Reizspektrum "Wetter" assoziiert. Der Effektor ist die Wetterfühlbarkeit, die im Laufe der Zeit auch durch Wahrnehmung der neutralen Reizkombination "Wettersituation" aktiviert werden kann. In biometeorologischer Hinsicht läßt sich insbesondere die Schattigkeit bzw. fehlende Schattigkeit in der Außenwelt als Indiz für das vom Menschen mehr oder weniger positiv bewertete Wetter vermuten (DIRNAGL (6)). Dabei kann man die bewußte Wetterbewertung ansehen als das Ergebnis eines Lernprozesses, in dem physische oder psychische Befindensänderungen den Maßstab bilden.

Unabhängig von solchen Theorien zur Wetterwirkung erscheint der WW als erfolgversprechende Möglichkeit, "komplexe meteorologische Maßzahlen für qualitativ definierte Wettervorgänge zu finden, die sich zumindest als Indikatoren dafür eignen, wenn biologisch belastende Einflüsse von Seiten der atmosphärischen Umwelt auftreten" (DIRNAGL (2)). Bei HENSEL erwies sich eine 5-stufige Ordinalskala (+ 2, + 1, 0, - 1, - 2) als gut geeignet zur Quantifizierung des thermischen Komfort- bzw. Diskomfortempfindens. Hier ergibt sich bei Auf- bzw. Abwärtsschritten ebenfalls eine ganzzahlige Stufeneinteilung des WW von 1 bis 5, die einer qualitativen Bewertung mit "sehr gut", "gut", "mittelmäßig", "mangelhaft" oder "ungenügend" entspricht. Verbleibende Unterschiede zwischen den einzelnen VP bei der Nutzung von Zwischenwertangaben werden dadurch weitgehend ausgeglichen.

Sowohl die Beschränkung auf die über den menschlichen Gesichtssinn einwirkenden Reize als auch das verwendete Bewertungsmaß stellen einen neuen Versuch dar, die Eingangs-Ausgangs-Relationen des IVS "Mensch" bezüglich der Umweltlicht-

verhältnisse als bioklimatische "Wirkungsgrößen, die nicht in den engeren Bereich der Meteorologie gehören" (DIRNAGL (3)), zu erforschen.

Zusammenfassung

Auf der Suche nach Erklärung der Wetterfühligkeit wird der optische Reiz unter dem Gesichtspunkt der Informationsverarbeitung durch den Menschen bei der Wetterbewertung analysiert:

- a) Für die subjektive Wetterbewertung wurde an insgesamt 26 Personen mit dem Wetterwert (WW) eine geeignete Intervallskala ermittelt.
- b) In einem 4-wöchigen Klimaraumversuch mit genormten Versuchsbedingungen wurde an 3 Versuchspersonen getestet, in welchem Ausmaß der WW beeinflusst werden kann, wenn im wesentlichen lediglich die Raumbelichtungsstärke variiert wird:
Während mit einer Änderung der mittleren Raumbelichtungsstärke von 200 bis 1000 Lux die Bewertung zwischen $WW = 4.5$ bis $WW = 2.7$ fast linear beeinflusst wird, zeigt sich oberhalb einer mittleren Raumbelichtungsstärke von 1000 Lux ein Grenzbereich, der einer Tagesperiodik unterliegt.
- c) Nach einer Vorversuchsreihe, in der die Methodik der Testbilddarbietung auf ihre Eignung in dieser Fragestellung überprüft wurde, werden durch photographische Variationen von Testbildern die verschiedenen Sehaufgaben des Gesichtssinns bei der visuellen Wahrnehmung in unterschiedlichem Ausmaß betont. Aus einer Varianzanalyse der WW-Angaben ergibt sich, daß im WW-Bereich 1 bis 3 die Wahrnehmung von Leuchtdichteunterschieden die dominierende Sehaufgabe ist.
- d) Diese Ergebnisse liegen dem Bau einer Apparatur zur Messung der sektoriellen Strahlungsdichteverteilung der Globalstrahlung zugrunde. Der Vergleich der objektiven Meßergebnisse mit den subjektiven WW-Angaben von Versuchsperso-

nen ergibt eine Möglichkeit, apparativ das Wetter zu klassifizieren.

Die Ergebnisse werden unter dem Gesichtspunkt diskutiert, daß die Aufgabe der Rezeptoren außer der bewußten Wahrnehmung auch das Auslösen von Anpassungsreaktionen des Organismus an das Wetter umfaßt. Die Möglichkeiten, daß die vegetative Ausgangslage durch visuelle Information auf direktem Wege oder als bedingter Reflex beeinflußt werden kann, werden aufgezeigt. Die Ergebnisse werden als Grundlagen für weitere Untersuchungen aus Bioklimatologie und Raumklimatisierung gewertet.

Literatur

-
- AHRENS, H.: Varianzanalyse, 78 ff., Berlin (1967)
- AMELUNG, W. und A. EVERS: Handbuch der Bäder- und Klimaheilkunde, Stuttgart (1962)
- AMN: Logarithmische Verstärker
Advanced Micro News ANI, München (1971)
- ANSCHÜTZ, H.: (1) Kybernetik, S. 27, Würzburg (1970)
(2) VDI-Ber. 78, 11 (1964)
- BALDER, J.J.: Lichttechnik 9, 455-461 (1957)
- BAUR, F.: Erste Frankfurter Konferenz für medizinisch-naturwissenschaftliche Zusammenarbeit, Zit. nach Hofstätter (2)
- BECKER, F.: Ber. der Phys.-Med. Ges. zu Würzburg 66, 13 (1952)
- BLACKWELL, H.R.: Ill. Engineering 54, 317-353 (1959)
- BORN, M.: Physik im Wandel meiner Zeit, S. 1, Braunschweig (1957)
- BREZOWSKY, H. (1) Med. Kl. 50, 2235 (1960)
(2) Mat. Med. Nordmark, 2 (1961)
(3) Zentr. bl. für Arb. med. und Arbeitsschutz 4, 5-8 (1964)
- BRANDT, S.: Statistische Methoden der Datenanalyse, 209 f, Mannheim-Zürich (1968)
- CASPERS, H.: Zentralnervensystem, S. 500, in KEIDEL
- CURRY, M.: Bioklimatik, S. 17, 545, 1409, Riederau (1946)
- DAUBERT, K.: Med.-met. Hefte 13, 63 (1958)
- DIRNAGL, K.: (1) Persönl. Mitteilungen (1973)
(2) Mü. Med. Wo. 11, 1-9 (1951)
(3) Arch. für Phys. Therapie 3, 250-253 (1957)
(4) Heilkunst 83, Heft 8 (1970)

- DIRNAGL, K.: (5) Wetter und Befinden, Vortrag auf dem Deutsch-Österreichisch-Schweizerischem Kongreß für Phys. Medizin einschl. Balneologie u. Bioklimatologie, Lindau (1971)
- (6) Vortrag auf der Jahrestagung der Met. Ges. in Bad Tölz (1974)
- DIXON, W.J., Edit.: Biomedical Computer Programms, HSCF, University of California, Los Angeles (1968)
- DRESLER, A.: Lichttechnik 7, 77-80 (1930)
- DREVER, J. und W.D. FRÖHLICH: Wörterbuch zur Psychologie, S. 281 München (1972)
- FISHER, R.A.: The Design of Experiments, Edinburgh (1951)
- FORSTNER, R.: Über den Einfluß der Luftfeuchtigkeit auf Herzfrequenz und systolischen sowie diastolischen Blutdruck während eines langfristigen Aufenthaltes im Klima-raum, Diss., München (1973)
- FRANKE, H.: Lexikon der Physik X, S. 112, München (1971)
- GEIGY, J.R., Edit.: Documents Geigy, S. 131, 180, 61, Basel (1968)
- GUILFORD, J.P.: Persönlichkeit, Weinheim (1971)
- GUNDLACH, E.-M.: Tagesrhythmische Schwankungen der vegetativen Lichtreaktion und ihre Bedeutung für die Synchronisation des circadianen Systems beim Menschen, Diss. Marburg 1974
- GUTEROV, A.: Zit. nach Krenzke (1)
- HANN-SÖRING, R.: Lehrbuch der Meteorologie II, S. 672, 903, Leipzig (1951)
- HARTMANN, E.: Beleuchtung und Sehen am Arbeitsplatz, S. 172 ff, München (1970)
- HELLPACH, W.: Geopsyche, S. 21, Stuttgart (1935)

- HELLWIG, H.J. und J. KROCHMANN: Lichttechnik 10, 561-565 (1958)
- HENSCHKE, U. und R. SCHULZE: Strahlenther. 64, 14-42 (1939)
- HENSEL, H.: Arbeitsberichte des SFB 122, Band 1, Marburg (1974) S. 48 f
- HILDEBRANDT, G. (1) Biologische Rhythmen und ihre Bedeutung (in AMELUNG)
- HILDEBRANDT, G. u. E.-M. LOWES (2): J. interdiscipl. Cycle Res. 3, 289-301 (1974)
- HIPPOKRATES: Zit. nach Forstner
- HOFMANN, G.: Einführung in die Meteorologie, Vorlesung München 74
- HOFSTÄTTER, P.R.: (1) Fischer-Lexikon: Psychologie Frankfurt (1971)
- HOFSTÄTTER, P.R. (2) Quantitative Methoden der Psychologie, und D. WENDT: S. 143, München (1967)
- HUMBOLDT, A.: Cosmos 1, 340, Zit. nach Schulze
- HUSEMANN, K.: Untersuchungen zur Detailerkennbarkeit des menschlichen Gesichtssinns, Diss. München (1970)
- JOOS, G. und E. SCHOPPER: Grundriß der Photographie und ihre Anwendung besonders in der Atomphysik, 90 f, Frankfurt/M (1958)
- KEIDEL, W.D.: Kurzgefaßtes Lehrbuch der Physiologie, Stuttgart (1970)
- KLAUS, G.: Wörterbuch der Kybernetik, Frankfurt (1969)
- KLEINSCHMIDT, J.: Untersuchungen zur Erkennbarkeit von Details in strukturierten Umfeldern, Diplomarbeit, München (1969)
- KNOERCHEN, R. und G. HILDEBRANDT: J. interdiscipl. Cycle Res. 7 (1976) S. 51 ff

- KOTTER, C.: Neue, methodisch verbesserte Untersuchungen zur weiteren Klärung des Wettereinflusses auf die Geruchsempfindung, Diss., München (1951)
- KRAUS, W. und F. LECHNER Mü. Med. Wo. 42, 1814-1819 (1972)
- KRAUTSCHIK, W.: Blutdruck, Pulsfrequenz, neurovegetativer Hauttonus und Plethysmometrie in ihrer Beziehung zur Meteorobiologie, Diss., München (1955)
- KRENZKE, G.: (1) Eine neue Definition der Schattigkeit, Votr. LiTG, Garmisch-Partenkirchen (1968)
(2) VIII. Int. Koll. TH Ilmenau 4, 531-538 (1963)
- KÜHNAU, A.: Zit. nach Ungeheuer (2)
- KÖPFMÜLLER, K.: Elektr. Nachr. Techn. 1, 141 (1924)
- LINDER, A.: (1) Planen und Auswerten von Versuchen, 79, Basel-Stuttgart (1953)
(2) Statistische Methoden, 133, Basel (1951)
- LINKE, F.: Z. phys. Therapie 37, 217 (1929)
- MEYER-EPPLER, W.: Grundlagen und Anwendungen der Informationstheorie, S. 90, Berlin-Göttingen-Heidelberg (1959)
- MIDANA, A. und F. ORMEA Hautarzt 11, 340 (1960)
- MÜNCH, W.: (1) Licht- und Beleuchtungstechnik, Scriptum zur Vorlesung, München (1971)
- MÜNCH, W. und (2) Arch. für klin. und experim. Dermat. 237, 520-537 (1970)
B. STECK:
- NORDEN, K.: Licht und Lampe 24, H. 19 (1935)
- ONDRACEK, J.: Das Licht 7, 117-119 (1937)
- OSTWALD, W.: Die kleine Farbmeßtafel, Ausgabe A Stuttgart (1939)

- PFLANZAGL, J.: Allgemeine Methodenlehre der Statistik II, 272, Berlin (1968)
- PRATZEL, H.: Persönl. Mitteilungen (1973)
- RANGE, D.: Lichttechn. 23 (1971) 356-359
- RANSCHT-FROEMS-DORFF, W.: Materia Medica Nordmark XXI/6, 342 ff. (1969)
- REITER, R.: (1) MÜ. Med. Wo. 17, 479, 18, 526 (1954)
(2) Meteorobiologie und Elektrizität der Atmosphäre, Leipzig (1960)
- ROESER-BLEY, H.: Vergleichende Untersuchungen über Wettereinflüsse auf das Befinden und physiolog. Meßgrößen bei Kurgästen, Diss., München (1969)
- RÜHLER, R.: Informationstheorie in der Optik, Stuttgart (1967)
- de RUDDER, B.: Grundzüge der Bioklimatik des Menschen. In SEYBOLD-WOLTERECK
- SCHMALZL, N.A.: Zit. nach Ungeheuer (2)
- SCHOBER, H.: (1) Einführung in die Biophysik, Scriptum zur Vorlesung, München (1968)
(2) Das Sehen, 2 Bände, Leipzig (1964 bzw. 1970)
- SCHOBER, H. und (3) Das Bild als Schein der Wirklichkeit, München (1972)
I. RENTSCHLER:
SCHOBER, H.: (4) Gutachten über Grundlagen, Forderungen und Entwicklungen beim Schulbau im Hinblick auf medizinisch-optische Gesichtspunkte, München (1971)
- SCHOBER, H.: (5) Wiener Med. Wschr. 117 (1967), 453
- SCHULZE, R.: (1) Zit. nach ROESER-BLEY
(2) Strahlenklima der Erde, Darmstadt (1970)
- SEYBOLD-WOLTERECK: Klima-Wetter-Mensch, Heidelberg (1952)
- SIEBECK, R.: Lehrbuch der inneren Medizin, S. Berlin 1942
- SIXTL, F.: Meßmethoden der Psychologie, Weinheim (1967)

- STEINBUCH, K.: (2) Automat und Mensch, S. 20, Berlin-Heidelberg-New York (1971)
(1) Nat. Wiss. u. Med. 1, 19-35 (1964)
- TROMP, S.W.: Medical Biometeorology, Weather, Climate and the living Organism, Amsterdam-New York-London (1963)
- UNGEHEUER, H.: (1) Erg. d. phys.-diat. Th., 5, 237 (1955)
(2) Ber. d. Dt. Wetterd. 16 (1955)
- URBAN, H., Edit.: Reallexikon der Medizin, 110 B, München-Berlin-Wien (1966)
- URLAUB, B.: Siemens-Eg-Ber. 4, 24 (1961)
- VOGELSANG, E.: Einführung in die Elektronik, 29, München (1968)
- WALTERA, N.A.,)
WALBRUNN, O.,)
WESSELY, E.,)
ZETTLER, K.:)
Zit. nach Ungeheuer (2)
- v. WEIZSÄCKER: Ärztliche Fragen, zit. nach SIEBECK
- WEVER, R.: Ztschr. f. Phys. Med. 3 (1973) 121-134

Ich erkläre ehrenwörtlich, daß ich die dem Fachbereich Humanmedizin der Philipps-Universität Marburg zur Promotionsprüfung eingereichte Arbeit mit dem Titel:

"Einflüsse visueller Informationsparameter auf eine Wetterbewertungsgröße"

am Institut für med. Balneologie und Klimatologie unter der Leitung von Prof. Dr.med. H. Drexel und am Institut für Arbeitsphysiologie und Rehabilitationsforschung unter Leitung von Prof. Dr.med. G. Hildebrandt ohne sonstige Hilfe selbst durchgeführt und bei der Abfassung der Arbeit keine anderen als die in der Dissertation angeführten Hilfsmittel benutzt habe.

Ich habe bisher weder an einer in- und ausländischen Medizinischen Fakultät ein Gesuch um Zulassung zur Promotion eingereicht noch die vorliegende oder eine andere Arbeit als Dissertation vorgelegt.

Marburg, im Juli 1977

Jürgen Kleider

Lebenslauf

geb.: 30.12.44 in Bublitz/Pommern

Eltern: Dr.med. Theodor Kleinschmidt
Edith Kleinschmidt, geb. Teske

Schulen: 1951 - 1964
Grundschulen in Holzminden, Braunschweig und Bad Pyrmont; Gymnasium Bad Pyrmont

Abitur: 5.2.64

Studium: Physik an der Georg-August-Universität Göttingen (SS 64), an der Ludwig-Maximilians-Universität und an der Technischen Universität München (WS 64 - SS 69)
Humanmedizin an LMU München (WS 74 - SS 76)
Humanbiologie an der Philipps-Universität Marburg (seit WS 1976)

Prüfungen: Vordiplom-Prüfung in Physik: 19.12.66
Hauptdiplom-Prüfung in Physik: 12.11.69
Ärztliche Vorprüfung in Humanmedizin: 27.8.76

berufliche Tätigkeiten: Praktikumsassistent in Physikpraktikum LMU München 1968 - 1971;
Wiss. Mitarbeiter der DFG 1971 - 1972; Verw. Wiss. Ass. bzw. Wiss. Ang. an LMU München ab 1972

wissenschaftliche Tätigkeiten: Veröffentlichungen und Vorträge aus dem Gebiet der med. Balneologie, Klimatologie und Datenverarbeitung

Herrn Prof. Dr.med. H. D r e x e l und Herrn Prof. Dr.phil.
Dr.med. H. S c h o b e r (+) schulde ich Dank für die Themen-
stellung und die großzügige Unterstützung bei Durchführung
dieser Arbeit. Ganz besonders danke ich Herrn Prof. Dr.med.
G. H i l d e b r a n d t für die Übernahme des Themas und
die fruchtbare Kritik, die er mir in Diskussionen und bei der
Abfassung der Arbeit hat zuteil werden lassen.

Weiter danke ich allen Mitarbeitern des Institutes für med.
Balneologie und Klimatologie sowie den Damen und Herren des
Institutes für Arbeitsphysiologie und Rehabilitationsfor-
schung für die anregenden Diskussionen und für die Hilfe bei
der Durchführung der Versuche.

Meine akademischen Lehrer in Marburg waren die Herren Profes-
soren und Dozenten:

Aziz, Gens, Golenhofen, Hensel, Hildebrandt, Himmelmann, Ihm,
Nier, Peter, Priebe, Schaumlöffel.

